

## 明細書

## 流量制御装置及びその調整方法

## 技術分野

- 5       本発明は、ガス等の比較的小流量の流体の流量を計測する流量制御装置に係り、特に流量制御の精度の試験を行うことができる流量制御装置及びその調整方法に関する。

## 背景技術

10

- 一般に、半導体集積回路等の半導体製品等を製造するためには、半導体ウエハ等に対して例えばCVD成膜やエッチング操作等が種々の半導体製造装置において繰り返し行われるが、この場合に微量の処理ガスの供給量を精度良く制御する必要から例えばマスフローコントローラのような質量流量制御装置
- 15       が用いられている（例えば特開平6-119059号公報、特開平7-078296号公報、特開平7-134052号公報、特開平7-281760号公報、特開平7-306084号公報、特開平11-223538号公報、特開2004-20306号公報、米国特許第6450200号明細書、特開平8-185229号公報、特開平11-154022号公報）。

- 20       ここで一般的な質量流量制御装置の構成について、図17及び図18を参照して説明する。図17はガス配管に介設された従来の質量流量制御装置の一例の概略構成図を示し、図18は質量流量制御装置の流量検出手段を示す回路図である。

- 25       図示するように、この質量流量制御装置2は、液体や気体等の流体を流す流体通路、例えばガス管4の途中に介設されて、この質量流量を制御するように

なっている。尚、このガス管 4 の一端に接続される半導体製造装置内は例えば真空引きされている。この質量流量制御装置 2 は、例えばステンレススチール等により成形された流路 6 を有しており、この両端が上記ガス管 4 に接続される。この質量流量制御装置 2 は流路 6 の前段側に位置する質量流量検出手段 8  
5 と後段側に位置する流量制御弁機構 10 とを含む。

まず、上記質量流量検出手段 8 は、上記流路 6 のガス流体の流れ方向の上流側に設けられて複数のバイパス管を束ねてなるバイパス群 12 を有している。上記バイパス群 12 の両端側には、これを迂回するようにセンサ管 14 が接続  
10 されており、これにバイパス群 12 と比較して少量のガス流体を一定の比率で流し得るようになっている。すなわち、このセンサ管 14 には全ガス流量に対して一定の比率の一部のガスを常に流すようになっている。このセンサ管 14 には直列に接続された制御用の一对の抵抗線 R1、R4 が巻回されており、これに接続されたセンサ回路 16 により質量流量値を示す流量信号 S1 を出力  
15 するようになっている。

この流量信号 S1 は、例えばマイクロコンピュータ等を用いて構成される制御手段 18 へ導入されて、上記流量信号 S1 に基づいて現在流れているガスの質量流量が求められると共に、その質量流量が外部より入力される流量設定信号 S0 で表される質量流量に一致するように、上記流量制御弁機構 10 を制御  
20 することになる。この流量制御弁機構 10 は、上記流路 6 の下流側に設けられた流量制御弁 20 を有しており、この流量制御弁 20 はガス流体の質量流量を直接的に制御するための弁体として例えば金属板製の屈曲可能になされたダイヤフラム 22 を有している。

25

そして、このダイヤフラム 22 を弁口 24 に向けて適宜屈曲変形させて移動させることによって、上記弁口 24 の弁開度を任意に制御し得るようになって

いる。そして、このダイヤフラム 22 の上面は、例えば積層圧電素子（ピエゾ素子）を用いて構成されるアクチュエータ 26 の下端部に接続されており、これにより、その弁開度が上記したように調整できるようになっている。このアクチュエータ 26 は、上記制御手段 18 からの駆動信号を受けてバルブ駆動回路 28 が出力するバルブ駆動電圧 S2 により動作する。また弁口 24 の出口側にはソニックノズル 29 が設けられており、ガス流の入口側圧力がこの流量制御弁 20 を流れる質量流量に比例するように設定している。尚、上記アクチュエータ 26 として積層圧電素子に替えて電磁式のアクチュエータを用いる場合もある。

10

上記抵抗線 R1、R4 とセンサ回路 16 との関係は、図 18 に示されている。すなわち、上記抵抗線 R1、R4 の直列接続に対して、2 つの基準抵抗 R2、R3 の直列接続回路が並列に接続されて、いわゆるブリッジ回路を形成している。そして、このブリッジ回路に、一定の電流を流すための定電流源 30 が接続されている。また、上記抵抗線 R1、R4 同士の接続点と上記基準抵抗 R2、R3 同士の接続点とを入力側に接続して差動回路 32 が設けられており、上記両接続点の電位差を求めて、この電位差を流量信号 S1 として出力するようになっている。

15

20

ここで、上記抵抗線 R1、R4 は、温度に応じてその抵抗値が変化する素材よりなっており、ガスの流れ方向の上流側に抵抗線 R1 が巻回され、下流側に抵抗線 R4 が巻回されている。また、基準抵抗 R2、R3 は略一定の温度に維持されているものとする。

25

このように構成された質量流量制御装置 2 において、センサ管 14 にガス流体が流れていない場合には、両抵抗線 R1、R4 の温度は同じになっていることから、ブリッジ回路は平衡して差動回路 32 の検出値である電位差は、例えばゼロである。

ここで、センサ管 14 にガス流体が質量流量  $Q$  で流れると仮定すると、このガス流体は上流側に位置する抵抗線  $R_1$  の発熱によって温められてその状態で下流側の抵抗線  $R_4$  が巻回されている位置まで流れることになり、この結果、  
5 熱の移動が生じて抵抗線  $R_1$ 、 $R_4$  間に温度差、すなわち両抵抗線  $R_1$ 、 $R_4$  間の抵抗値に差が生じて、この時発生する電位差はガスの質量流量に略比例することになる。従って、この流量信号  $S_1$  に所定のゲインをかけることによってその時に流れているガスの質量流量を求めることができる。また、この検出されたガスの質量流量が、流量設定信号  $S_0$ （実際は電圧値）で表される質量  
10 流量と一致するように、例えば  $PID$  制御法により上記流量制御弁 20 の弁開度が制御されることになる。

ところで、この種の質量流量制御装置 2 にあっては、流量設定信号が示す質量流量（以下、単に「流量」とも称す）に対して実際に流量制御弁 20 に流れる  
15 流量（以下、「実流量」とも称す）が精度良く一致することが必要であるが、供給ガス圧が変化した場合や、装置自体が経年変化した場合などには、装置の納入当初と同じバルブ駆動電圧を印加しても流れるガスの実流量が僅かに異なる場合が発生する。

20 本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、装置自体で流量のずれの測定を行うようにした流量制御装置およびその調整方法を提供することにある。

25 なお、本発明は、日本国特許出願 2004-182362 号および 2005-153314 号に関連する。これらの出願の内容は、参照のために本願の明細書に組み込まれる。

## 発明の開示

本発明の一実施形態である質量流量制御装置は、流体を流す流路に、該流路に流れる流体の質量流量を検出して流量信号を出力する質量流量検出手段と、バルブ駆動信号により弁開度を変えることによって質量流量を制御する流量制御弁機構とを介設し、外部から入力される流量設定信号と前記流量信号とに基づいて前記流量制御弁機構を制御する制御手段を設けてなる質量流量制御装置において、前記流路に、該流路を開閉する検定用バルブ部と、所定の容量を有する検定用タンク部と、前記流体の圧力を検出して圧力検出信号を出力する圧力検出手段とをそれぞれ設け、前記検定用バルブと前記検定用タンク部と前記圧力検出手段とを用いて質量流量検定動作を行うように制御する検定制御手段を備えるように構成したことを特徴とする質量流量制御装置である。

このように、装置自体に検定用バルブ部と検定用タンク部等を設け、この検定用バルブ部を閉じて流体の供給を停止した以降において、上記検定用タンク部から流れ出る流体の圧力変化を検出すると共に、この圧力変化を例えば基準となる基準圧力変化と比較することによって、流れる流体の質量流量を正確に制御できるか否かの検定を行うことができる。

この場合、前記検定用タンク部の近傍には、温度検出を行う温度検出手段が設けられていることが好ましい。

また、前記検定制御手段は、基準測定時の流体の圧力変化を記憶する基準用データメモリと、検定時の流体の圧力変化を記憶する検定用データメモリとを有することが好ましい。

また、前記検定制御手段には警報手段が接続されており、前記検定制御手段は検定結果が所定の範囲外の時には前記警報手段を駆動させることが好ましい。

また、前記検定制御手段は、前記検定結果に基づいて前記質量流量検出手段を校正することが好ましい。

5 また、前記検定用タンク部は、前記流路の途中に介設されていることが好ましい。

また、前記検定制御手段には、検定結果を表示する表示手段が接続されていることが好ましい。

また、前記流路の出口側には、零点測定の時に該流路を開閉する零点測定用バルブ部が介設されていることが好ましい。

10

また、前記検定用バルブ部と前記零点測定用バルブ部は、前記質量流量制御手段を挟んで互いに反対側に設けられることが好ましい。

また、前記検定用バルブ部と前記零点測定用バルブ部の内の少なくともいずれか一方は、弁口となる流体入口部と流体出口部とを有する流体溜め室と、前記流体入口部に着座して該流体入口部を閉じるために屈曲変形可能になされた全閉用ダイヤフラムと、前記全閉用ダイヤフラムを前記流体入口部に向けて押圧するための押圧手段と、を含むことが好ましい。

15

また、前記全閉用ダイヤフラムは、平面形状、或いは略球殻の一部の形状になされていることが好ましい。

20

また、前記押圧手段は、前記全閉用ダイヤフラムを挟んで前記流体溜め室とは反対側に設けられた作動空間と、前記作動空間内へ加圧気体を給排することができる弁機構と、を含むことが好ましい。

また、前記弁機構は三方弁を含むことが好ましい。

25

また、前記零点測定用バルブ部は、前記流量制御弁機構に対して対向する位置に配置されていることが好ましい。

また、前記検定制御手段は、前記検定用バルブ部と前記零点測定用バルブ部

とを完全に閉じることによって前記流路に流れる流体を完全に遮断して零点測定を行なうことが好ましい。

また、前記検定用バルブ部と前記検定用タンク部と前記圧力検出手段は、前  
5 記質量流量検出手段及び前記流量制御弁機構よりも上流側に設けられることが好ましい。

また、前記検定用バルブ部は前記流路の最上流側に設けられ、前記零点測定用バルブ部は前記流路の最下流側に設けられることが好ましい。

また、前記検定用バルブ部と前記検定用タンク部と前記圧力検出手段は、前  
10 記質量流量検出手段及び前記流量制御弁機構よりも下流側に設けられることが好ましい。

また、前記検定用バルブ部と前記検定用タンク部と前記圧力検出手段の内、前記検定用バルブは最上流側に位置されていることが好ましい。

15

上述の質量流量制御装置の検定方法の一実施形態として、検定流量を設定する工程と、流路に検定用の流体を安定的に流す工程と、前記流れる流体の圧力と検定用タンク部の温度とを検出してそれぞれ初期圧力と初期温度とする工程と、検定用バルブ部を閉じて流路を遮断する工程と、前記検定用バルブ部を  
20 閉じた後に前記検定用タンク部から流出する流体の圧力変化を測定する工程と、前記測定された圧力変化と予め求められた基準圧力変化特性とに基づいて検定結果を求める工程と、を有する質量流量制御装置の検定方法が好ましい。

この場合、前記検定結果を表示手段に表示することが好ましい。

25 また、前記検定結果が所定の許容範囲外の時には警報手段により警報を発することが好ましい。

また、前記検定結果に基づいて質量流量検出手段を自動的に校正することが

好ましい。

また、前記検定結果を求める工程における上部基準圧力と下部基準圧力は予め定められていることが好ましい。

5       また、前記検定流量を種々変更することが好ましい。

また、前記検定流量を設定する工程の前に、前記流路に流れる流体の流れを完全に遮断して零点測定を行なう零点測定工程を行なうことが好ましい。

また、前記零点測定工程は前記検出用バルブ部と前記零点測定用バルブ部の内の少なくとも検定用バルブ部を全閉することが好ましい。

10

質量流量制御装置に検定用バルブ部と検定用タンク部等を設けたことにより、以下のような質量流量制御装置の検定が可能となる。すなわち、検定用バルブ部を閉じて流体の供給を停止した以降において、上記検定用タンク部から流れ出る流体の圧力変化を検出すると共に、この圧力変化を例えば基準となる

15       基準圧力変化と比較することによって、流れる流体の質量流量を正確に制御できるか否かの検定を行うことができる。

また、本発明は、以下のような態様とすることもできる。すなわち、この流量制御装置は、流体供給源よりも圧力が低い流体供給対象に流体を供給する流

20       路において流体の流量を制御する流量制御装置である。そして、この流量制御装置は、流路を開閉する第1の開閉弁と、流路を流れる流体の流量を制御するための流量制御弁機構を備える流量制御部と、第1の開閉弁に対して流量制御弁機構と同じ側において流体の圧力を検出することができる圧力検出部と、流量制御部が制御する流量の、基準値からのずれを計算するズレ測定制御部と、

25       を備える。

そのような流量制御装置の調整を行う際には、流量制御弁機構の開度を固定



する。そして、第１の開閉弁で流路を閉じる。その後、第１の開閉弁に対して流量制御弁機構と同じ側の第１の所定の位置における流体の圧力変化を圧力検出部で測定する。そして、測定した圧力変化に基づいて、流量制御部が制御する流量の基準値からのずれを計算する。

5

このような態様とすれば、第１の開閉弁において流体の流通を止めた後、流体に流量制御弁を通過させて、その際の圧力変化に基づいて、流量制御部によって制御される流量のずれの測定を行うことができる。このため、ラインに設置したまま流量制御装置が制御する流量のずれを測定することができる。なお、  
10 得られた基準値からのずれに基づいて流量制御部を調整することが好ましい。

なお、流量制御弁機構の開度の固定からずれの計算までの各処理は、流量制御弁の開度を変えて繰り返し行うことが好ましい。そして、それらの処理で得られた複数の開度における流量のずれに基づいて、流量制御部を調整すること  
15 が好ましい。

なお、流量制御部が、さらに、第１の開閉弁に対して流量制御弁機構と同じ側において流路を流れる流体の流量を測定できる流量検出部を備え、目標とする目標流量と流量検出部で測定した流量とに基づいて流量制御弁機構の開度を調節して、流路を流れる流体の流量を制御する態様である場合には、以下の  
20 ような処理を行うことが好ましい。すなわち、流量制御部を調整する際には、基準値からのずれに基づいて、流量検出部による流量を表す出力値を調整することが好ましい。

25 このような態様とすれば、調整後の流量制御部は、目標流量と流量検出部の流量の出力値とに基づいて、流路を流れる流体の流量を正確に制御することができる。

また、流量制御部を調整する際には、以下のような処理を行うことが好ましい。すなわち、第 1 の開閉弁で流路を閉じ、かつ、流量検出部に対して第 1 の開閉弁とは逆の側において第 2 の開閉弁で流路を閉じる。そして、第 1 および  
5 第 2 の開閉弁で流路を閉じた状態において、流量検出部による流量を表す出力値を読み取る。その後、流量検出部による流量ゼロを表す出力値を調整する。このような態様とすれば、流量検出部の出力値を適正に調整することができる。

なお、流量制御装置は、さらに、第 1 の開閉弁と流量制御弁機構との間にお  
10 いて流路を流れる流体を溜めることができる貯留部を備えることが好ましい。このような態様においては、貯留部を備えない態様に比べて、第 1 の開閉弁を閉じた後の圧力変化が緩やかなものとなる。よって、流量制御装置の調整の際に、正確な圧力変化の測定をより容易に行うことができる。

15 また、流量の基準値からのずれを計算する際には、以下の各測定値に基づいてずれを計算することが好ましい。すなわち、第 1 の開閉弁で流路を閉じた時刻を含む所定の時間区間内に含まれる第 1 の時刻における、第 1 の所定の位置の流体の圧力である初期圧力  $P_0$  と、その所定の時間区間内に含まれる第 2 の時刻における、第 1 の開閉弁に対して第 1 の所定の位置と同じ側にある第 2 の  
20 所定の位置の流体の絶対温度  $T_1$  と、第 1 の開閉弁で流路を閉じた後、第 1 の所定の位置における流体の圧力が所定の第 1 の基準圧力に達してから第 1 の基準圧力  $P_1$  とは異なる所定の第 2 の基準圧力  $P_2$  に達するまでの時間  $\Delta t$  と、に基づいて、基準値からのずれを計算することが好ましい。

25 このような態様とすれば、調整時の流体の圧力および温度を考慮して、物質の単位時間当たりの流量のずれを計算することができる。

なお、流量の基準値からのずれを計算する際には、 $PO / (T1 \times \Delta t)$ と、基準値と関連する所定の定数と、の比に基づいて、基準値からのずれを計算することができる。

## 5 図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る質量流量制御装置の第1実施例を示すブロック構成図である。

図2は、第1実施例中の各部材の実際の配置状態を示す配置図である。

図3は、質量流量制御装置の検定動作モード時の各信号のタイミングチャートを示す図である。

図4は、基準圧力変化特性測定用ルーチンの各ステップを示すフローチャートである。

図5は、検定用ルーチンの各ステップを示すフローチャートである。

図6は、基準圧力変化特性測定用ルーチンと検定用ルーチンにおける圧力信号の変化の一例を示すグラフである。

図7は、本発明に係る質量流量制御装置の第2実施例を示すブロック構成図である。

図8は、第2実施例中の各部材の実際の配置状態を示す配置図である。

図9は、流量制御弁と零点測定用バルブ部の取り付け状態を示す模式図である。

図10は、零点測定用バルブ部の全閉用ダイヤフラムを示す断面図である。

図11は、零点測定工程の流れを示すフローチャートである。

図12は、ピストンを有するピストン式アクチュエータを示す図である。

図13は、本発明に係る質量流量制御装置の第3実施例を示すブロック構成図である。

図14は、第3実施例の基準圧力変化特性測定用ルーチンの各ステップを示すフローチャートである。

図 15 は、第 3 実施例における検定用ルーチンの各ステップを示すフローチャートである。

図 16 は、弁開度が 100% のときの基準圧力変化特性と検定圧力変化特性をそれぞれ表す圧力検出手段 46 の圧力信号 S4 の値の一例を示すグラフである。

図 17 は、ガス配管に介設された従来の質量流量制御装置の一例を示す概略構成図である。

図 18 は、質量流量制御装置の流量検出手段を示す回路図である。

## 10 発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明に係る質量流量制御装置及びその検定方法の実施例を添付図面に基づいて詳述する。

### 15 <第 1 実施例>

図 1 は本発明に係る質量流量制御装置の第 1 実施例を示すブロック構成図、図 2 は第 1 実施例中の各部材の実際の配置状態を示す配置図である。尚、図 17 及び図 18 において示した構成部分と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。

20

図示するように、この質量流量制御装置 40 は、液体や気体等の流体を流す流体通路、例えばガス管 4 の途中に介設されて、この質量流量（以下、単に「流量」とも称す）を制御するようになっている。尚、このガス管 4 の一端に接続される半導体製造装置内は例えば真空引きされている。この質量流量制御装置 40 は、質量流量制御本体 40A と、本発明の特徴とする質量流量の検定を行う検定本体 40B とを備える。以下では、質量流量制御本体 40A を質量流量制御部 40A と呼び、検定本体 40B を検定実行部と呼ぶ場合がある。この質

量流量制御装置 40 は、例えばステンレススチール等により成形された流路 6 を有しており、この流体入口 6A が上記ガス管 6 の上流側に接続され、流体出口 6B がガス管 6 の下流側に接続される。

5      上記質量流量制御部 40A は、ここでは図 17 を参照して説明した従来装置と同じ構造となっており、例えば質量流量検出手段 8、流量制御弁機構 10 及び例えばマイクロコンピュータ等を用いて構成される制御手段 18 を備えている。上記質量流量検出手段 8 は、バイパス管 12、センサ管 14、センサ回路 16 等を有しており、ここで検出した流量信号 S1 を上記制御手段 18 に向けて出力するようになっている。上記流量制御弁機構 10 は、流量制御弁 20、これを駆動するアクチュエータ 26、このアクチュエータ 26 に向けてバルブ駆動電圧 S2 を出力するバルブ駆動回路 28 等を有している。そして、上記制御手段 18 は、これへ例えばホストコンピュータ等の外部より入力される流量設定信号 S0 で示される流量と上記流量信号 S1 で示される流量とが一致するように上記流量制御弁 20 の弁開度を例えば PID 制御法で制御し得るようになっている。尚、図示例では、上記流量制御弁機構 10 は上記質量流量検出手段 8 の下流側に設定されているが、これを上記質量流量検出手段 8 の上流側に位置させるようにしてもよい。

20      一方、図示例では上記検定実行部 40B は、上記質量流量制御部 40A の上流側に設置されている。この質量流量制御部 40A は、上記流路 6 に、この流路 6 を開閉する検定用バルブ部 42 と、所定の容量を有する検定用タンク部 44 と、流体である上記ガスの圧力を検出して圧力検出信号を出力する圧力検出手段 46 と、上記検定用バルブ部 42 と上記検定用タンク部 44 と上記圧力検出手段 46 とを用いて質量流量検定動作を行うように制御する例えばマイクロコンピュータ等を用いて構成される検定制御手段 48 とを備えている。

具体的には、上記検定用バルブ部 4 2 は例えば空圧バルブよりなり、検定実行部 4 0 B の中で流路 6 の最上流側に設けられて、上記検定制御手段 4 8 からの指令であるタンクバルブ開閉信号 S 3 により開閉されてこの流路 6 を必要に応じて遮断できるようになっている。上記検定用バルブ部 4 2 を構成する空  
5 圧バルブとしては、例えば三方弁と全閉用ダイヤフラムとを内蔵したアクチュエータレス小型バルブ機構を用いることができる。

このアクチュエータレス小型バルブ機構は、作用空気入口 4 3 (図 2 参照) より導入される作動空気により全閉用ダイヤフラムを屈曲させて弁口の全開  
10 状態と完全にシールされた全閉状態とを選択的に実現するものであり、図 2 中においては、装置筐体 4 5 に形成した取り付け凹部 4 7 に着脱可能に設けられている。このアクチュエータレス小型バルブ機構の構成については、後述する第 2 実施例で用いる零点測定用バルブ部の説明の際に説明する。また上記圧力検出手段 4 6 は例えばキャパシタンスマノメータであり、上記流路 6 内のガス  
15 の圧力を検出してこの検出値を圧力信号 S 4 として上記検定制御手段 4 8 に向けて出力し得るようになっている。

また上記検定用タンク部 4 4 は、例えばステンレススチール等で構成されるタンク本体 5 0 を含み、上記検定用バルブ部 4 2 と圧力検出手段 4 6 との間に  
20 設けられている。このタンク本体 5 0 は所定の容量、例えば  $40\text{ cm}^3$  程度の容量に設定されており、この流路 6 の途中に介設されてタンク本体 5 0 の底部にガスの入口 5 0 A と出口 5 0 B とが設けられ、流れるガスが必ずこのタンク本体 5 0 内を通過するようになっている。また上記タンク本体 5 0 の近傍、すなわちここではタンク本体 5 0 の天井部の上面には、温度検出手段 5 1 として  
25 例えば白金温度センサが取り付けられており、ここで検出した温度を示す信号を上記検定制御手段 4 8 へ入力できるようになっている。

また上記検定制御手段４８には、流量の検定動作を行う時のガス流の基準となる圧力変化（基準圧力変化）を記憶する基準用データメモリ５２Ａと、流量の検定動作を行う時に取得したガス流の圧力変化を記憶する検定用データメモリ５２Ｂとが接続されている。

- ５ 更には、この検定制御手段４８には、検定結果等を表示するための例えば液晶ディスプレイ等で構成される表示手段５４及び必要時に音声や光の点滅等によって警報を発する警報手段５６がそれぞれ接続されている。

そして、この検定制御手段４８は、必要に応じて上記質量流量検出手段８のセンサ回路１６に向けて校正信号Ｓ１０を出力し、校正結果に基づいてこのセンサ回路１６を適正に校正できるようになっている。またこの検定制御手段４  
10 ８と上記質量流量制御部４０Ａの制御手段１８とは必要に応じて連動するようになっている。

- 次に以上のように構成された本発明の質量流量制御装置の動作について説明する。  
15

まず、この質量流量制御装置４０の動作は、実際に半導体製造装置等に向けて処理ガスを流量制御しつつ流す通常動作モードと、質量流量の検定に関する動作を行う検定動作モードの２種類がある。そして、検定動作モードには、基準となる圧力変化特性を得るための基準圧力変化特性測定用ルーチンと、実際  
20 に検定動作を行う検定用ルーチンとがある。

まず、通常動作モードについて簡単に説明する。これには、先に図１７及び図１８を参照して説明した動作と同じであり、この場合には検定実行部４０Ｂ側の動作は休止状態となっている。すなわち、上記質量流量制御部４０Ａの制  
25 御手段１８は、これへ例えばホストコンピュータ等の外部より入力される流量設定信号Ｓ０で示される流量と上記流量信号Ｓ１で示される流量とが一致するように上記流量制御弁２０の弁開度を例えばＰＩＤ制御法で制御し続ける

ことになる。これにより下流側の半導体製造装置等には、必要とする質量流量の処理ガスが供給されることになる。

次に検定動作モードについて説明する。

- 5      この検定動作モードの内、基準圧力変化特性測定用ルーチンは、この装置を工場から出荷する時や、この装置を出荷先のクリーンルーム等に設置した時等に主に行って基準となる圧力変化特性を得るようにしている。また検定用ルーチンは、出荷先のクリーンルーム等において定期的、或いは不定期的に行われて制御流量の精度が高く維持されているか否かの検査が行われる。図3は質量
- 10 流量制御装置の検定動作モード時の各信号のタイミングチャートを示す図、図4は基準圧力変化特性測定用ルーチンの各ステップを示すフローチャート、図5は検定用ルーチンの各ステップを示すフローチャート、図6は基準圧力変化特性測定用ルーチンと検定用ルーチンにおける圧力信号の変化の一例を示すグラフである。

15

- 検定用ルーチンは、検定流量を設定する工程と、流路6に検定用の流体（ガス）を安定的に流す工程と、上記流れる流体の圧力と検定用タンク部44の温度とを検出してそれぞれ初期圧力と初期温度とする工程と、検定用バルブ部42を閉じて流路6を遮断する工程と、上記検定用バルブ部42を閉じた後に上記検定用タンク部44から流出する流体の圧力変化を測定する工程と、上記測定された圧力変化と予め求められた基準圧力変化特性とに基づいて検定結果を求める工程と、により主に構成されるが、まず、上記基準圧力変化特性を求める基準圧力変化特性測定用ルーチンについて説明する。
- 20

#### 25      <基準圧力変化特性測定用ルーチン>

この基準圧力変化特性測定用ルーチンの主たる工程は、圧力変化同士を比較する工程を除いて検定用ルーチンの動作と略同じである。ここでは流体として



例えば $N_2$ ガスを用いる。図1、図3及び図4に示すように、まずこの基準圧力変化特性測定用ルーチンを開始すると、検定用バルブ部42を開状態とする(ステップS1)。そして、時刻 $t_1$ (図3(A)参照)において流量設定信号S0を、質量流量制御装置40が制御可能な最大の流量を表す%、例えば100%  
5 でフルスケール(5V:ボルト)になるように設定する(ステップS2)。前述のとおり、通常動作モードにおいては、流量設定信号S0は、ホストコンピュータ等の外部より制御手段18に入力される。これに対して、この検定動作モードにおいては、上記流量設定信号S0は、ホストコンピュータではなく、検定制御手段48から制御手段18に向けて出力される。従って、制御手段1  
10 8は、この検定制御手段48より入力される流量設定信号S0を、外部より入力される流量設定信号S0と同様に扱って通常の流量制御動作を行う。また一般的には、この流量設定信号S0は、0V~5Vの範囲で変化させることができ、5Vの時が100%のフルスケール(最大流量)となるように予め設定されている。

15

このように、流量設定信号S0として5Vが設定されると、制御手段18はバルブ駆動回路28を介してバルブ駆動電圧S2(図3(C)参照)を出力し、上記流量設定信号S0に見合った弁開度となるように流量制御弁20を制御する。これにより、 $N_2$ ガスは下流側に流れ始めるので、その時の質量流量が質量  
20 流量検出手段8に検出され、その検出された質量流量が流量信号S1(図3(D)参照)として上記制御手段18に入力される。そして、この流量信号S1と流量設定信号S0とが一致するように弁開度が前述のようにPID制御法で制御される。この時、圧力検出手段46でもガス流の圧力が検出されており、この圧力信号S4(図3(E)参照)が検定制御手段48へ入力されている。

25

このようにしてガス流の流量を安定化させるために、所定の時間、例えば6秒程度経過したら(ステップS3)、時刻 $t_2$ でその時のバルブ駆動電圧S2

をその時の電圧値に固定することにより弁開度を固定する（ステップS4）。そして、このようにバルブ駆動電圧S2を固定して数秒経過したら、その時の圧力検出手段46からのガス流の圧力と温度検出手段51からのタンク温度とを記憶し、それぞれ初期圧力MPO及び初期温度MTO℃とする（ステップS5）。

このように初期圧力と初期温度とを測定して記憶したら、直ちに時刻t3においてタンクバルブ開閉信号S3をバルブが閉となるように出力し（図3（B）参照）、検定用バルブ部42を閉状態に切り替える（ステップS6）。これにより、流路6が遮断されてガス供給源からのN<sub>2</sub>ガスの供給が断たれるが、検定用タンク部44のタンク本体50内にはN<sub>2</sub>ガスが十分に充填されて所定の圧力になっているので、このタンク本体50に充填されていたN<sub>2</sub>ガスが下流側に流れ出し、この結果、図3（D）及び図3（E）に示すように流量信号S1及び圧力信号S4が共に時間の経過と共に減少するような特性曲線を描くことになる。尚、この際、ガス管4の下流側は継続して真空引きされており、また流量制御弁20の弁開度は、ステップS2で設定された検定流量、すなわち、ここでは100%の流量に相当する弁開度を維持している。

なお、以下では、「（ある圧力のもとで）X%の流量に相当する弁開度」や「（ある圧力のもとで）X%の流量を実現する弁開度」のことを「X%の弁開度」とも表記する。また、「流量制御弁の目標流量をY%変化（または減少）させる」ことを「弁開度をY%変化（または減少）させる」とも表記する。

そして、この時のガス流の圧力の変化は、例えば1msec毎に時々刻々測定されており（ステップS7）、この時の圧力変化特性が得られる。このガス圧力の測定は、このガス圧力が予め定められた下限値になるまで継続して行い、下限値になったら、ガスの流れを停止する（ステップS8）。この時刻をt4

とする。そして、上記操作で得られた圧力変化データを基準圧力変化特性として基準用データメモリ52Aに記憶しておく（ステップS9）。このようにして、設定流量として弁開度100%の基準圧力変化特性が得られることになる。

- 5      このような基準圧力変化特性は、複数種類の弁開度について取得することが好ましく、例えば弁開度（流量）を10%ずつ変化させてその都度、基準圧力変化特性を取得することが好ましい。そこで、例えば弁開度（流量）10%が下限と仮定すると、検定流量の設定が下限でない場合には（ステップS10のNO）、検定流量の設定を所定の量、例えば10%減少させ、ここでは例えば
- 10    検定流量を90%に設定する（ステップS11）。そして、上記したステップS3～S9を弁開度が下限になるまで繰り返し行う。このようにして、弁開度（検定流量）が10%ずつ異なる基準圧力変化特性が得られてこのデータが基準用データメモリ52Aに全て記憶されることになり、これにより、基準圧力変化特性測定用ルーチンを終了する。

15

#### <検定用ルーチン>

- 次に、定期的、或いは不定期的に行われる検定用ルーチンについて説明する。この検定用ルーチンは、この質量流量制御装置40をクリーンルームの半導体製造装置等のガス供給ラインに組み込んだまま行われる。また、ここでも流体
- 20    としてはN<sub>2</sub>ガスを用いる。

- 図5に示すフローチャートにおいて、ステップS21～S31までは、取得した圧力変化データの名称を変えている点を除いて、それぞれ図4に示すフローチャートのステップS1～S11までと同様である。よって、以下では、説明を簡略にするために、基準圧力変化特性測定用ルーチンの説明において参照した図3のタイミングチャートを、検定用ルーチンの処理の説明においても参照する。ただし、このことは、各信号の値が基準圧力変化特性測定用ルーチン
- 25

と検定用ルーチンとにおいてまったく同一となることを意味するものではない。図 1、図 3 及び図 5 に示すように、まずこの検定用ルーチンを開始すると、検定用バルブ部 42 を開状態とする（ステップ S 21）。そして、時刻  $t_1$ （図 3（A）参照）において流量設定信号 S 0 を最大の%、例えば 100% でフルスケール（5 V : ボルト）になるように設定する（ステップ S 22）。この検定動作モードにおいては、上記流量設定信号 S 0 は、ホストコンピュータではなく、検定制御手段 48 から制御手段 18 に向けて出力される。従って、制御手段 18 は、この検定制御手段 48 より入力される流量設定信号 S 0 を、外部より入力される流量設定信号 S 0 と同様に扱って通常の流量制御動作を行う。

また前述したように一般的には、この流量設定信号 S 0 は、0 V ~ 5 V の範囲で変化させることができ、5 V の時が 100% のフルスケール（最大流量）となるように予め設定されている。

このように、流量設定信号 S 0 として 5 V が設定されると、制御手段 18 はバルブ駆動回路 28 を介してバルブ駆動電圧 S 2（図 3（C）参照）を出力し、上記流量設定信号 S 0 に見合った弁開度となるように流量制御弁 20 を制御する。これにより、 $N_2$  ガスは下流側に流れ始めるので、その時の質量流量が質量流量検出手段 8 に検出され、その検出された質量流量が流量信号 S 1（図 3（D）参照）として上記制御手段 18 に入力される。そして、この流量信号 S 1 と流量設定信号 S 0 とが一致するように弁開度が前述のように P I D 制御法で制御される。この時、圧力検出手段 46 でもガス流の圧力が検出されており、この圧力信号 S 4（図 3（E）参照）が検定制御手段 48 へ入力されている。

このようにしてガス流の流量を安定化させるために、所定の時間、例えば 6 秒程度経過したら（ステップ S 23）、時刻  $t_2$  でその時のバルブ駆動電圧 S 2 をその時の電圧値に固定することにより弁開度を固定する（ステップ S 24）。そして、このようにバルブ駆動電圧 S 2 を固定して数秒経過したら、その時の

圧力検出手段 4 6 からのガス流の圧力と温度検出手段 5 1 からのタンク温度とを記憶し、それぞれ初期圧力  $P_0$  及び初期温度  $T_0^{\circ}\text{C}$  とする (ステップ S 2 5)。

このように初期圧力と初期温度とを測定して記憶したら、直ちに時刻  $t_3$  に  
5 おいてタンクバルブ開閉信号 S 3 をバルブが閉となるように出力し (図 3 (B) 参照)、検定用バルブ部 4 2 を閉状態に切り替える (ステップ S 2 6)。これにより、流路 6 が遮断されてガス供給源からの  $\text{N}_2$  ガスの供給が断たれるが、検定用タンク部 4 4 のタンク本体 5 0 内には  $\text{N}_2$  ガスが十分に充填されて所定の圧力になっているので、このタンク本体 5 0 に充填されていた  $\text{N}_2$  ガスが下流側  
10 に流れ出し、この結果、図 3 (D) 及び図 3 (E) に示すように流量信号 S 1 及び圧力信号 S 4 が共に時間の経過と共に減少するような特性曲線を描くことになる。尚、この際、ガス管 4 の下流側は継続して真空引きされており、また流量制御弁 2 0 の弁開度は、ステップ S 2 2 で設定された検定流量、ここでは 1 0 0 % を維持している。

15

そして、この時のガス流の圧力の変化は、例えば 1 m s e c 毎に時々刻々測定されており (ステップ S 2 7)、この時の圧力変化特性が得られる。このガス圧力の測定は、このガス圧力が予め定められた下限値になるまで継続して行い、下限値になったら、ガスの流れを停止する (ステップ S 2 8)。この時刻  
20 を  $t_4$  とする。そして、上記操作で得られた圧力変化データを検定圧力変化特性として検定用データメモリ 5 2 B に記憶しておく (ステップ S 2 9)。このようにして、設定流量として弁開度 1 0 0 % の検定圧力変化特性が得られることになる。

25

このような検定圧力変化特性は、基準圧力変化特性の場合とそれぞれ同じ流量を与えるように、複数種類の弁開度について取得することが好ましく、例えば弁開度を 1 0 % ずつ変化させてその都度、検定圧力変化特性を取得すること

が好ましい。そこで、例えば弁開度 10% が下限と仮定すると、検定流量の設定が下限でない場合には（ステップ S 30 の NO）、検定流量の設定を所定の量、例えば 10% 減少させ、ここでは例えば 90% に設定する（ステップ S 31）。そして、上記したステップ S 23 ~ S 29 を弁開度が下限になるまで繰り返す。このようにして、弁開度が 10% ずつ異なる検定圧力変化特性が得られてこのデータが検定用データメモリ 52B に全て記憶されることになる。

このように検定圧力変化特性が得られたら、弁開度毎（検定流量の設定値毎）に基準圧力変化特性と比較し、検定処理を行う（ステップ S 32）。

ここで図 6 も参照して検定結果である検定精度についての求め方について説明する。図 6 は弁開度が 100% の時の基準圧力変化特性測定用ルーチンと検定用ルーチンにおける圧力信号 S 4 の変化の一例を示すグラフである。特性曲線 X0 が弁開度 100% の時の基準圧力変化を示し、特性曲線 X1 が弁開度 100% の時の検定圧力変化特性を示し、前述のように両特性曲線は、それぞれ基準用データメモリ 52A 及び検定用データメモリ 52B に記憶されている。

上限基準圧力 P1 から下限基準圧力 P2 までの予め定められた圧力範囲に関して、MΔt 及び Δt を次のように定める。すなわち、基準圧力変化特性測定用ルーチンで得られた圧力が、上限基準圧力 P1 に達してから下限基準圧力 P2 に達するまでの時間を MΔt とする。また、検定用ルーチンで得られた圧力が、上限基準圧力 P1 に達してから下限基準圧力 P2 に達するまでの時間を Δt とする。

このとき、検定精度 H は下記の数式で表される。

$$H = M\Delta t / \Delta t \times P_O / MPO \times (273 + MTO) / (273 + TO) \times 100 (\%) \quad \dots (1)$$

MTO : 基準圧力変化特性測定用ルーチンにおける初期温度

TO : 検定用ルーチンにおける初期温度

MPO : 基準圧力変化特性測定用ルーチンにおける初期圧力

PO : 検定用ルーチンにおける初期圧力

この式(1)は以下のようにして得られる。すなわち、 $n$ モルの理想気体に  
5 対する状態方程式は、 $PV = nRT$ である。ここで、各符号は以下の物理量を表す。

$P$  : 理想気体の圧力

$V$  : 理想気体の体積

$R$  : 気体定数

10  $T$  : 絶対温度 (K)

圧力が基準圧力 $P_1$ から基準圧力 $P_2$ に変化する間、体積がほぼ一定である  
とすると、その間に流出する物質の量 $\Delta n$ は、 $\Delta n = (P_2 - P_1) V / RT$   
である。ここで、圧力が基準圧力 $P_1$ から基準圧力 $P_2$ に変化するまでに、 $\Delta$   
15  $t$ だけ時間が経過したとすると、単位時間当たりの物質の移動量 $v$ は、 $v = (P_2 - P_1) V / (RT \Delta t)$ である。

よって、基準圧力変化特性測定用ルーチンにおける単位時間当たりの物質の  
移動量 $v_0$ と、検定用ルーチンにおける単位時間当たりの物質の移動量 $v_1$ と、  
20 の比は、以下ようになる。

$$(v_1 / v_0) = M \Delta t (273 + MTO) / \Delta t (273 + TO) \quad \dots$$

(2)

25 ここで、ある流量を実現するための弁の開度 $G_v$ は、流体の圧力に反比例する。本実施例において、基準圧力変化特性測定用ルーチンにおける初期圧力 $MPO$ と、検定用ルーチンにおける初期圧力 $PO$ とが異なっていた場合、同じ目

標流量を実現するための弁の開度が異なる。この点を考慮すると、上記（２）式は、以下の式（３）となる。この式（３）は、検定精度Hに関する上記式（１）と等価である。

$$5 \quad (v_1 / v_0)' = M \Delta t (273 + MTO) PO / \Delta t (273 + TO) \\ MPO \quad \dots \quad (3)$$

ここで  $M \Delta t = 17640 \text{ msec}$ 、 $\Delta t = 11420 \text{ msec}$ 、 $MPO = 0.4003210 \text{ MPa}$ （メガパスカル）、 $PO = 0.2589058 \text{ MPa}$ 、 $MTO = 25.4^\circ\text{C}$ 、 $TO = 24.7^\circ\text{C}$ とそれぞれ仮定すると、上記数式より検定精度Hは次のようになる。

$$H = 100.135\%$$

すなわち、この値は、出荷当時と同様にガス流量を制御すると、僅かではあるが、 $+0.135\%$ の流量誤差が生ずることを意味する。

15

そして、上記したような検定処理を各弁開度毎に行って、弁開度毎の検定精度Hを求めることになる（ステップS32）。

このように検定結果が得られたら、これを記憶すると同時に、この検定結果を出力して例えば表示手段54に表示するなどしてオペレータにその内容を知らせる（ステップS33）。これと同時に必要があれば、この検定結果に基づいて質量流量検出手段8を自動的に校正して正しい流量信号S1を出力するように設定する（ステップS34）。流量設定信号S0と流量信号S1とに基づいて制御手段18が流量制御弁20をフィードバック制御をしているにもかかわらず、流量がずれるのは、流量信号S1が現実の流量を正しく反映していないと考えられるためである。なお、この校正処理は、例えばセンサ回路16の増幅器である差動回路32（図18参照）のゲインを調整することにより行うことができる。

25



また必要ならば、上記検定精度を予め設定された所定の許容範囲と比較し、検定精度がこの許容範囲以上に大きい時には警報手段 5 6 を駆動するなどしてオペレータに注意を喚起させるようにしてもよい。そして上記のように自動校正が終了したら、検定用ルーチンを終了することになる。

このように、装置自体に検定用バルブ部 4 2 と検定用タンク部 4 4 等を設け、この検定用バルブ部 4 2 を閉じて流体の供給を停止した以降において、上記検定用タンク部 4 4 から流れ出る流体の圧力変化を検出すると共に、この圧力変化を例えば基準となる基準圧力変化と比較することによって、流れる流体の質量流量を正確に制御できるか否かの検定を行うことができる。

また質量流量制御装置 4 0 を半導体製造装置のガス供給系等に組み込んだまま上記検定動作を行うことができるので、検定動作を極めて短時間で行うことができ、その分、半導体製造装置等の稼働率を向上させることができる。

尚、上記実施例において、弁開度（検定温度の設定値）を 1 0 % ずつ変化させて検定動作を行ったが、この数値例に限定されるものではない。また、検出手段 4 6 と検定用タンク部 4 4 の流路 6 に対する配列順序を上流側と下流側とで逆に設置するようにしてもよい。更に、ここではタンク本体 5 0 に対して流路 6 の入口 5 0 A と出口 5 0 B とを別々に設けたが、これに限定されず、流路 6 に対して 1 本の分岐管を形成し、この分岐管にタンク本体 5 0 を T 字状に接続するようにしてもよい。

また本実施例で説明したような各種処理は、デジタル処理で行ってもよく、アナログ処理で行ってもよい。特にデジタル処理で行う場合には、各種のデータをとり込むサンプリング周波数によってはデータが離散的になる場合が生ずるが、この場合には、データを最下位の桁側から丸め込むことにより、例えば図 6 に示すグラフにおいて圧力データ等の一致点を見い出すことができる。

尚、第 1 実施例において、零点調整を行なう場合には、上記検定用バルブ部 4 2 を弁閉状態にして流路 6 内のガスの流れを停止して安定化した状態において流量信号 S 1 を求め、この値に基づいて零点調整を行なう。

## 5 <第 2 実施例>

次に本発明に係る質量流量制御装置の第 2 実施例について説明する。

この第 2 実施例においては、精度の高い零点調整を行なうことができる機能を付与したものであり、これと同時に装置自体の小型コンパクトを図るようにしたものである。

10

この種の質量流量制御装置では、経時変化により流量検出の零点が僅かずつではあるがずれることは避けられないので、定期的、或いは不定期的に零点調整が行われるが、零点調整時にはその精度を高めるために装置内部の流体（ガス、液体を含む）の流れを完全に停止させることが望ましい。この場合、ダイヤフラムを用いた流量制御弁 2 0 に関しては、これを閉弁状態にしてもその特性上、流体の流れを完全には遮断することは困難であり、非常に僅かではあるが、極々微量なリークが生ずる。この微量のリークは、半導体製造プロセスにおける設計ルールがそれ程厳しくない場合には、特に問題はなかったが、更なる微細化、薄膜化、及び高集積化の要請によって設計ルールがより厳しくなると、上記極々微量なリークが無視し得なくなった。

15

20

この第 2 実施例においては、極々微量なリークを完全になくすために、小型コンパクトな零点測定用バルブ部を設けるようにしている。この点について、以下に詳述する。

25

図 7 は本発明に係る質量流量制御装置の第 2 実施例を示すブロック構成図、図 8 は第 2 実施例中の各部材の実際の配置状態を示す配置図、図 9 は流量制御弁と零点測定用バルブ部の取り付け状態を示す模式図、図 1 0 は零点測定用バ

バルブ部の全閉用ダイヤフラムを示す断面図、図 11 は零点測定工程の流れを示すフローチャートである。

尚、図 1 及び図 2 に示す構成部分と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。ここでは零点測定用バルブ部としては、先の検定用バルブ部 42 においても用いたアクチュエータレス小型バルブ機構を用いる場合について説明する。

図 7 及び図 8 にも示すように、この零点測定用バルブ部 60 は、流路 6 の最下流側に設けられ、流体出口 6B の直前に位置される。具体的には、質量流量制御装置の装置筐体 45 の下面側（図 8 中において）に取り付け凹部 62 を設け、この取り付け凹部 62 内に上記零点測定用バルブ部 60 を液密、或いは気密に取り付けるようになっている。この取り付け凹部 62 は、上記流量制御弁機構 10 のダイヤフラム 22 に対して対向する位置に配置されている。

図 9 に示すように、上記取り付け凹部 62 の奥には、装置筐体 45 を更に奥深く削り取ることにより流体溜め室 64 が形成されている。この流体溜め室 64 の天井の中央部は、図 9 において下方向へ少し突状に形成されており、この部分に上記流量制御弁機構 10 側の弁口 24 と連通するようにして連通路 66 が形成されて、弁口 24 を流れたガスがこの流体溜め室 64 内へ流入できるようになっている。従って、上記流体溜め室 64 に関して、この連通路 66 の下端開口部が弁口となる流体入口部 68 として機能することになる。また、この流体溜め室 64 には、ガスが流れ出る流体出口部 70 が設けられており、この流体出口部 70 は、流路 72 を介して流体出口 6B 側へ連通されている。

そして、上記弁口となる流体入口部 68 の周囲には、例えば O リング等のリング状の弾性シール部材 74 が下方へ部分的に突出させて設けられており、後述するように弁閉状態の時に、この弁口となる流体入口部 68 を完全に液密に、

或いは気密に閉じてガスの流れを完全に遮断できるようになっている。上記流体溜め室 6 4 の下方を区画するようにして、屈曲変形可能になされた金属製の全閉用ダイヤフラム 7 6 が設けられている。この全閉用ダイヤフラム 7 6 は、その中心部に下方向へ凸状に曲面状に成形された曲面部 7 6 A を有しており、

5    その周辺部が、この取り付け凹部 6 2 に密接状態で嵌装させた固定部材 7 8 により押し付けられて固定されている。この固定部材 7 8 は、図示しないネジ等により締め付け固定される。

ここで上記曲面部 7 6 A は、球面の一部を有するドーム形状、具体的には半

10    球状のドーム形状よりも高さが低い、球面の一部を有するドーム形状に形成されている。尚、この全閉用ダイヤフラム 7 6 に曲面部 7 6 A を設けなくて、平面形状となるように形成してもよい。そして、上記固定部材 7 8 には、上記全閉用ダイヤフラム 7 6 を上記流体入口部 6 8 に向けて押圧して弁口として機能するこの流体入口部 6 8 を閉じるための押圧手段 8 0 が設けられている。この

15    押圧手段 8 0 は、上記固定部材 7 8 の上面を凹部状に成形することによって、上記全閉用ダイヤフラム 7 6 を挟んで流体溜め室 6 4 とは反対側（図 9 中では下方側）に設けられた作動空間 8 2 と、この作動空間 8 2 内へ加圧気体、例えば加圧空気を給排することができる弁機構 8 4 とにより構成されている。この弁機構 8 4 を駆動することにより、上記作動空間 8 2 内へ必要に応じて加圧気

20    体を給排できるようになっており、加圧気体を供給した時に上記曲面部 7 6 A を有す全閉用ダイヤフラム 7 6 を屈曲変形させて流体入口部 6 8 を全閉できるようになっている。

従って、作動空間 8 2 に加圧気体を供給していない通常時には上記流体入口

25    部 6 8 は全開状態となっており、ノーマリオープン形の開閉弁となっている。上記弁機構 8 4 は、例えば電磁式の三方弁であり、この電磁三方弁を上記固定部材 7 8 に内蔵させることによって、全体の小型化及びコンパクト化を図るよ

うになっている。この場合、上記固定部材 7 8 の周囲と取り付け凹部 6 2 の内面との間には、Ｏリング等のシール部材 8 6 が介設されており、上記作動空間 8 2 内の加圧空気が外部へ洩れないようにしている。このように弁機構 8 4 として電磁式三方弁を用いることによって、この三方弁の 1 方に常時加わる加圧空気を、作動空間 8 2 内へ必要に応じて給排させることができる。上記加圧空気は作動空気入口 8 5 から導入される。そして、このように弁機構 8 4 として電磁式三方弁を用いることによって、零点測定用バルブ部 6 0 として小型コンパクトなアクチュエータレス小型バルブ機構とすることができる。尚、この零点測定用バルブ部 6 0 は、検定制御手段 4 8 によりその動作が制御される。

10

次に、このように構成した零点測定用バルブ部 6 0 を用いて行われる流量センサの零点測定工程について説明する。

この零点測定工程は、定期的、或いは不定期的に行われるが、特に、図 4 に示す基準圧力変化特性測定用ルーチンを実行する直前や、図 5 に示す検定用ルーチンを実行する直前に行なうのが好ましい。

15

図 1 1 に示すように、この零点測定工程を行なうには、まず、ここでは流路 6 の最上流に位置する検定用バルブ部 4 2 と流路 6 の最下流に位置する上記零点測定用バルブ部 6 0 とを共に閉じることによって弁閉状態とし、流路 6 内に流れるガスの流れを完全に遮断してこれを停止させる（S 0 1）。すなわち、センサ管 1 4 内のガスの流れを完全に停止させる。この際、流量制御弁機構 1 0 の流量制御弁 2 0 は開状態に維持しておく（S 0 2）。

20

このような状態にして、所定時間が経過して流路 6 内、特にセンサ管 1 4 内のガスの流れが完全に停止して安定状態になったら（S 0 3）、その時のセンサ回路 1 6 の流量信号 S 1 を検出し、この時の検出値をゼロ点のズレ量として制御手段 1 8 の図示しないメモリに記憶する（S 0 4）。換言すれば、この記憶したズレ量により検定制御手段 4 8 や制御手段 1 8 内の測定系（流量センサ）

25

からの所定の出力値を電氣的に”流量ゼロ”を表すものとして設定（オフセット調整）することになる。この場合、上述したように、零点測定用バルブ部60は、ガス（流体）の洩れを完全に遮断することができるので、精度の高い零点測定を行なうことができる。尚、この時点では、まだ零点調整は行わないで  
5 上記したズレ量を記憶したままにしておき、最終的に検定用ルーチンで自動的に、或いはオペレータの指示により、零点調整を行なうようにする。すなわち、図5に示す検定用ルーチンのS34にて、上記零点ズレ量と検定用ルーチンで求めた流量ズレ量とを自動的に校正することにより、零点調整を行なうと共に流量ずれ調整を行なう。この場合、自動校正を行わないで測定結果の各ズレ量  
10 を表示するようにし、必要な場合にはオペレータがこれを見て指示することにより校正を行なうようにしてもよい。

図11へ戻って、S04にて流量信号S1の値を記憶したら、流量制御弁20を通常の制御状態へ移行させ（S05）、そして、検定用バルブ部42及び  
15 零点測定用バルブ部60を共に開状態にする（S06）。そして、次に、基準圧力変化特性測定用ルーチンの場合は図4のS2へ移行し（S1は除く）、検定用ルーチンの場合は図5のS22へ移行（S21は除く）する（S07）。

上述の場合、図10に示すように、全閉用ダイヤフラム76の球面の一部を有するドーム形状の曲面部76Aの端面の円の直径をD、球面の半径R、加圧  
20 空気の圧力をP1、流体溜め室64内の圧力をP2とすると、実験の結果、以下に示すような関係式を満足する範囲が、洩れのない全閉状態を維持できることが確認できた。

$$2 < R/D < 10 \quad (P1 - P2 \geq 0.1 \text{ MPa の時})$$

また、上記曲面部76Aの形状は、球面の一部の形状、例えば半球のドーム  
25 状に形成とすることができるが、これに限定されず、楕円断面を有するドーム形状の一部の形状など、ガスの流れを完全に停止させる全閉状態を実現できるならば、どのような曲面でもよいし、また前述したように全閉用ダイヤフラム

76を平面形状にしてもよい。

また、弁機構84として電磁式の三方弁を用いてこれを内蔵したアクチュエータレス小型バルブ機構を零点測定用バルブ部60として用いているので、小型コンパクト化及び省スペース化を実現することができる。

また装置の設計寸法にもよるが、流量制御弁機構10に対向させて零点測定用バルブ部60を配置するようにしたので、ダイヤフラム22で開閉される弁口24と流体溜め室64の流体入口部68とを連通する連通路66の容積が小さい。このため、ガスを流した時に装置が制御することができないデッドボリュームを非常に少なくすることができる。

また前述のように、このようなアクチュエータレス小型バルブ機構は、図2に示す検定用バルブ部42に対しても適用することができる。

また上記第2実施例では、零点測定用バルブ部60の押圧手段80として、電磁式三方弁を内蔵したアクチュエータレス小型バルブ機構を用いたが、これに替えて、図12に示す変形例のように、全閉用ダイヤフラム76と接触してこれを押圧するピストン90を有するピストン式アクチュエータを用いてもよい。

尚、上記零点測定用バルブ部60は、バイパス管12及びセンサ管14を挟んで上記検定用バルブ部42の反対側に設けられることになる。従って、例えば検定用バルブ部42をバイパス管12よりも下流側に設けた場合には、上記零点測定用バルブ部60は、バイパス管12よりも上流側に設けることになる。

### <第3実施例>

図13は、本発明に係る質量流量制御装置の第3実施例を示すブロック構成図である。第3実施例の質量流量制御装置401は、流路6において、検定実行部401Bが質量流量制御部401Aの下流にある点で第1実施例の質量流

量制御装置 40 とは異なる。また、第 3 実施例の質量流量制御装置 401 の検  
定実行部 401B は、検定用バルブ部 42 が検定用タンク部 44 と圧力検出手  
段 46 の下流に設けられている点で、第 1 実施例の質量流量制御装置 40 の検  
定実行部 40B とは異なる。第 3 実施例の質量流量制御装置 401 の構成の他  
5 の点は、第 1 実施例の質量流量制御装置 40 と同じである。

第 3 実施例では、まず、上流側の流量制御弁 20 を閉じてタンク本体 50 内  
を真空引きし、低圧の状態とする。そして、検定用バルブ部 42 を閉じ、流量  
制御弁 20 を一定の開度で開いて、タンク本体 50 を含む流路 6 内の圧力がど  
10 のように上昇するか、を測定する。そして、その圧力変化に基づいて、質量流  
量制御部 401A の検定を行う。

#### <第 3 実施例における基準圧力変化特性測定用ルーチン>

図 14 は、第 3 実施例の基準圧力変化特性測定用ルーチンの各ステップを示  
15 すフローチャートである。基準圧力変化特性を得る際には、ステップ S41 で、  
まず、流量設定信号 S0 を、流量の最大の設定値（例えば 100%）を表すフ  
ルスケール（たとえば 5V）に設定する。

ステップ S42 では、検定用バルブ部 42 を開き、流量制御弁 20 を閉じる。  
20 そして、ステップ S43 で、下流の流体出口 6B から真空ポンプ（図示せず）  
でガスを吸引して真空引きすることで、流量制御弁 20 よりも下流の流路 6 内、  
および検定用タンク部 44 のタンク本体 50 内を、低圧の状態とする。

ステップ S44 では、制御手段 18 は、流量制御弁 20 を開き、先にステッ  
25 プ S41 で設定した流量（ここでは最大の流量）となるように、流量設定信号  
S0 にしたがって流量制御弁機構 10 の流量制御弁 20 を制御する。その結果、  
ガス供給源から、流量制御弁 20、流路 6、およびタンク本体 50 を経て、N<sub>2</sub>



ガスが下流の真空ポンプに向かって流れる。なお、第 1 実施例と同様に、検定時には、流量設定信号 S 0 は、ホストコンピュータではなく検定制御手段 4 8 から制御手段 1 8 に送られる（図 1 3 参照）。

- 5       その後、ステップ S 4 5 で、ガス流の流量が安定となるまで所定の時間（たとえば 6 秒）が経過するのを待つ。そして、ステップ S 4 6 で、バルブ駆動電圧 S 2 をその時の電圧値に固定することにより流量制御弁 2 0 の開度を固定する。
- 10       ステップ S 4 7 では、流量制御弁 2 0 の開度が固定されてから所定の時間（たとえば数秒）が経過してガスの流れが安定した後、圧力検出手段 4 6 で測定したその時のガス流の圧力を、初期圧力 M P O として基準用データメモリ 5 2 A に格納する。また、温度検出手段 5 1 で検出したその時のタンク内の温度を初期温度 M T O として基準用データメモリ 5 2 A に格納する。
- 15       ステップ S 4 8 では、検定用バルブ部 4 2 を閉じる。その結果、ガス供給源およびタンク本体 5 0 と、下流の真空ポンプとの接続が断たれ、N<sub>2</sub>ガスの吸引は停止する。しかし、ガス供給源からタンク本体 5 0 への N<sub>2</sub>ガスの供給は引き続き行われているため、ガスは、流量制御弁 2 0 を通って検定用バルブ部 4 2
- 20       よりも上流の流路 6 内、およびタンク本体 5 0 内に流入する。その結果、検定用バルブ部 4 2 よりも上流の流路 6 内、およびタンク本体 5 0 内の圧力は、上昇する。

- ステップ S 4 9 では、圧力検出手段 4 6 で、所定の時間間隔、例えば 1 m s
- 25       e c ごとに流路 6 内のガスの圧力を測定する。そして、ステップ S 5 0 では、流路 6 内のガスの圧力があらかじめ定められた上限値に達したか否かを判定する。流路 6 内のガスの圧力がその上限値に達していない場合は、ステップ S 4

9に戻って、圧力の測定を継続する。流路6内のガスの圧力がその上限値に達した場合は、流路6内のガスの圧力の測定を終了する。

ステップS51では、得られた圧力変化データ（各時刻のガスの圧力の測定値）を基準圧力変化特性として弁開度と関連づけて基準用データメモリ52Aに格納する。ステップS41では、流量設定信号S0を弁開度100%を表す値に設定していた。このため、最初にステップS51の処理を行ったときに基準用データメモリ52Aに格納される基準圧力変化特性は、弁開度100%の基準圧力変化特性である。

10

次に、ステップS52では、流量設定信号S0が表す流量設定値が予め定められた下限を下回るか否かを判定する。最初にステップS52に達したときには、流量設定信号S0は弁開度100%を表す値に設定されているため、ステップS52の判定結果はNOとなる。そして、処理は、ステップS53に進む。

15

ステップS53では、制御手段18に与えられる流量設定信号S0が表す弁開度を所定量だけ減少させる。そして、処理は再びステップS42に戻る。たとえば、ステップS53で弁開度を10%減少させた場合には、次のステップS43～S51の処理では、弁開度90%のときの圧力が測定され、弁開度90%の基準圧力変化特性として基準用データメモリ52Aに格納される。

20

なお、ステップS53からステップS42に戻った時点では、タンク本体50内および流路6内の圧力は上限値にまで達している（ステップS50参照）。しかし、ステップS42、S43では、流量制御弁20を閉じた状態でタンク本体50内が真空引きされる。このため、タンク本体50内および流路6内の圧力は、ふたたび検定に十分な程度にまで低圧となる。

25

以下同様にして、複数の弁開度について圧力の変化が測定され、弁開度（設定流量）と関連づけられた基準圧力変化特性が基準用データメモリ 52 A に格納される。ステップ S 52 において、流量設定信号 S 0 が表す流量設定値が下限を下回ると判定されたときには、基準圧力変化特性を得る処理を終了する。

5

#### ＜第 3 実施例における検定用ルーチン＞

図 15 は、第 3 実施例における検定用ルーチンの各ステップを示すフローチャートである。図 15 のフローチャートにおいて、ステップ S 61 ～ S 73 までの各処理は、原則として、図 14 のステップ S 41 ～ S 53 の処理と同じである。

10

ただし、基準圧力変化特性測定用ルーチンが、たとえば質量流量制御装置 401 自体を製造する工場において質量流量制御装置 401 の出荷前にで行われるのに対して、検定用ルーチンは、質量流量制御装置 401 が半導体製造装置等のガス供給ラインに組み込まれた状態で行われる。よって、ステップ S 63

15

～ S 67 におけるガスの吸引は、ガス供給ラインにおいて下流のガス管 4（図 13 参照）に接続されている半導体製造装置（図示せず）等に接続された真空ポンプ（図示せず）によって行われる。

20

また、検定用ルーチンにおいては、各データは、基準用データメモリ 52 A ではなく、検定用データメモリ 52 B に格納される。すなわち、図 15 のステップ S 71 においては、圧力変化データ（各時刻のガスの圧力の測定値）は、弁開度と関連づけられた検定圧力変化特性として、検定用データメモリ 52 B に格納される。そして、ステップ S 67 では、流量制御弁 20 の開度が固定されてから所定の時間（たとえば数秒）が経過した後、圧力検出手段 46 で測定したその時のガス流の圧力を、初期圧力 P 0 として検定用データメモリ 52 B

25

に格納する。また、温度検出手段 51 で検出したその時のタンク内の温度を初

期温度  $T_O$  として検定用データメモリ 52B に格納する。

図 15 のステップ S 6 1 ~ S 7 3 の他の処理は、図 1 4 のステップ S 4 1 ~ S 5 3 の処理と同じである。ステップ S 6 1 ~ S 7 3 の処理で、複数の弁開度について圧力の変化が測定され、各弁開度と関連づけられた検定圧力変化特性が検定用データメモリ 52B に格納される。

図 1 6 は、弁開度が 100% のときの基準圧力変化特性と検定圧力変化特性をそれぞれ表す圧力検出手段 46 の圧力信号 S 4 の値の一例を示すグラフである。特性曲線 X 0 が弁開度 100% の時の基準圧力変化特性（図 1 4 のステップ S 5 1 参照）を示し、特性曲線 X 1 が弁開度 100% の時の検定圧力変化特性（図 1 5 のステップ S 7 1 参照）を示す。

第 3 実施例では、上限基準圧力  $P_1$  から下限基準圧力  $P_2$  までの予め定められた圧力範囲に関して、 $M\Delta t$  及び  $\Delta t$  を次のように定める。すなわち、基準圧力変化特性測定用ルーチンで得られた圧力が、下限基準圧力  $P_2$  に達してから上限基準圧力  $P_1$  に達するまでの時間を  $M\Delta t$  とする。また、検定用ルーチンで得られた圧力が、下限基準圧力  $P_2$  に達してから上限基準圧力  $P_1$  に達するまでの時間を  $\Delta t$  とする。

そのようにして得られたある弁開度における  $M\Delta t$  および  $\Delta t$ 、そして、図 1 4 のステップ S 4 7 で得られた初期圧力  $MP_O$  および初期温度  $MT_O$ 、ならびに図 1 5 のステップ S 6 7 で得られた初期圧力  $P_O$  および初期温度  $T_O$  を、式 (1) に代入することで、その弁開度について検定精度  $H$  が得られる。

図 1 5 のステップ S 7 4 では、そのようにして複数の弁開度に関して検定精度  $H$  を計算する。そして、ステップ S 7 5 では、各弁開度の検定精度  $H$  が表示

手段 5 4 に表示される。ステップ S 7 6 では、各弁開度の検定精度 H に基づいて、質量流量検出手段 8 が自動的に校正される。ステップ S 7 5, S 7 6 の処理は、図 5 のステップ S 3 3, S 3 4 の処理と同じである。

- 5      このような態様としても、半導体製造装置等のガス供給ラインに組み込んだまま質量流量制御装置の検定を行うことができる。

10      なお、上記実施例では、圧力検出手段 4 6 は、タンク本体 5 0 の下流側に設けられていた。しかし、圧力検出手段 4 6 は、タンク本体 5 0 および／または  
15      流量制御弁 2 0 の上流側に設けられ、それらの位置における流路 6 内の圧力を検出できる態様としてもよい。また、圧力検出手段 4 6 は、タンク本体 5 0 内の圧力を検出できる態様とすることもできる。すなわち、圧力検出手段は、流路を閉じる検定用バルブ部に対して、流路内を流れる流体の質量流量を制御するための流量制御弁と同じ側に設けられ、タンク本体を含む流路内の流体の圧  
15      力を検出するものであればよい。ただし、圧力検出手段は、検定用バルブ部と流量制御弁との間に設けられることがより好ましい。

20      また、上記実施例では、温度検出手段 5 1 は、タンク本体 5 0 に設けられていた。しかし、温度検出手段 5 1 は、タンク本体 5 0 および／または流量制御  
25      弁 2 0 の上流側に設けられ、それらの位置における流路 6 内の流体の温度を検出できる態様としてもよい。また、温度検出手段 5 1 は、タンク本体 5 0 および／または流量制御弁 2 0 の下流側に設けられ、それらの位置における流路 6 内の流体の温度を検出できる態様としてもよい。すなわち、温度検出手段は、流路を閉じる検定用バルブ部に対して、流路内を流れる流体の質量流量を制御するための流量制御弁と同じ側に設けられ、それらの位置における、タンク本体を含む流路内の流体の温度を検出するものであればよい。

上記実施例では、タンク本体 50 は、ステンレススチールで設けられ、底部に流路 6 に接続されたガスの入口 50A と出口 50B とが設けられていた。しかし、タンクは、他の構成とすることもできる。たとえば、流路に、ガスの流れに沿った方向に垂直な断面の断面積が他の部分に比べて大きい部分を設けて、  
5 その部分をタンクとすることもできる。また、タンクを設けずに、流路内を流れる流体の質量流量を制御するための流量制御弁と、流路を閉じる検定用バルブ部と、の間を結ぶ流路に屈曲部を複数設けて、流量制御弁と検定用バルブ部とを直線的に結んだ態様よりも長い流路を設けて、その部分をタンクに代えることもできる。すなわち、流量制御装置は、検定用バルブと流量制御弁との間  
10 において流体を溜めることができる構成とすることができる。

また、上記実施例では、初期圧力 MPO、PO 及び初期温度 MTO、TO は、それぞれ検定用バルブ 42 を閉じたときの圧力および温度であった。しかし、検定に使用する初期圧力および初期温度は、他の時刻における流体の圧力および温度であってもよい。検定に使用する初期圧力および初期温度は、たとえば、  
15 検定用バルブ 42 を閉じた時刻から予め定めた一定時間が経過した後の時刻の温度および圧力であってもよい。また、検定用バルブ 42 を閉じる時刻から予め定めて一定時間遡った時刻の温度および圧力であってもよい。すなわち、検定に使用する初期圧力および初期温度は、検定用バルブ部で流路を閉じた時刻  
20 を含む所定の時間区間に含まれる時刻の温度および圧力とすることができる。

以上では、本願発明をその好ましい例示的な実施例参照して詳細に説明した。しかし、本願発明は、以上で説明した実施例や構成に限定されるものではない。そして、本願発明は、様々な変形や均等な構成を含むものである。さらに、開  
25 示された発明の様々な要素は、様々な組み合わせおよび構成で開示されたが、それらは例示的な物であり、各要素はより多くてもよく、また少なくともよい。そして、要素は一つであってもよい。それらの態様は本願発明の範囲に含まれ

るものである。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、CVD成膜やエッチング操作等が種々の半導体製造装置など、内  
5 部を低圧に保って使用される対象装置に正確な量のガスを供給するための装置  
に適用可能である。

## 請求の範囲

1. 流体供給源よりも圧力が低い流体供給対象に流体を供給する流路において流体の流量を制御する流量制御装置であって、

前記流路を開閉する第1の開閉弁と、

5 前記流路を流れる流体の流量を制御するための流量制御弁機構を備える流量制御部と、

前記第1の開閉弁に対して前記流量制御弁機構と同じ側において前記流体の圧力を検出することができる圧力検出部と、

前記流量制御部が制御する前記流量の基準値からのずれを計算するズレ測定  
10 制御部と、を備え、

前記ズレ測定制御部は、

前記流量制御弁機構の開度を固定し、前記第1の開閉弁で前記流路を閉じた状態において前記圧力検出部によって圧力変化を測定し、

前記測定した圧力変化に基づいて前記基準値からのずれを計算する、流量  
15 制御装置。

2. 請求項1記載の流量制御装置であって、

前記流量制御部は、さらに、前記第1の開閉弁に対して前記流量制御弁機構と同じ側において前記流路を流れる流体の流量を測定できる流量検出部を備え、  
20 目標とする目標流量と前記流量検出部で測定した流量とに基づいて前記流量制御弁機構の開度を調節して、前記流路を流れる流体の流量を制御することができ、

前記ズレ測定制御部は、前記基準値からのずれに基づいて、前記流量検出部による流量を表す出力値を調整することができる、流量制御装置。

25

3. 請求項2記載の流量制御装置であって、

前記流量検出部に対して前記第1の開閉弁とは逆の側において前記流路を開



閉する第 2 の開閉弁を備え、

前記ズレ測定制御部は、

前記第 1 および第 2 の開閉弁で前記流路を閉じた状態において前記流量検出部による流量を表す出力値を読み取り、前記流量検出部による流量ゼロを表す出力値を調整することができる、流量制御装置。

4. 請求項 1 記載の流量制御装置であって、さらに、

前記第 1 の開閉弁と前記流量制御弁機構との間において前記流路を流れる流体を溜めることができる貯留部を備える、流量制御装置。

10

5. 請求項 1 記載の流量制御装置であって、さらに、

前記第 1 の開閉弁に対して前記流量制御弁機構と同じ側において前記流体の温度を測定することができる温度検出部を備え、

前記ズレ測定制御部は、さらに、

15 前記第 1 の開閉弁で前記流路を閉じた時刻を含む所定の時間区間内に含まれる第 1 の時刻における前記流体の圧力である初期圧力  $P_0$  と、

前記所定の時間区間内に含まれる第 2 の時刻における前記流体の絶対温度  $T_1$  と、

20 前記第 1 の開閉弁で前記流路を閉じた後、前記流体の前記圧力が所定の第 1 の基準圧力に達してから前記第 1 の基準圧力  $P_1$  とは異なる所定の第 2 の基準圧力  $P_2$  に達するまでの時間  $\Delta t$  と、

に基づいて前記基準値からのずれを計算する、流量制御装置。

6. 請求項 5 記載の流量制御装置であって、

25 前記ズレ測定制御部は、

$P_0 / (T_1 \times \Delta t)$  と、前記基準値と関連する所定の定数と、の比に基づいて、前記基準値からのずれを計算する、流量制御装置。

7. 流体を流す流路に、該流路に流れる流体の質量流量を検出して流量信号を出力する流量検出部と、バルブ駆動信号により弁開度を変えることによって質量流量を制御する流量制御弁機構とを介設し、外部から入力される流量  
5 設定信号と前記流量信号とに基づいて前記流量制御弁機構を制御する流量制御部を設けてなる質量流量制御装置において、

前記流路に、該流路を開閉する第1の開閉弁と、所定の容量を有する貯留部と、前記流体の圧力を検出して圧力検出信号を出力する圧力検出部とをそれぞれ設け、前記検定用バルブと前記貯留部と前記圧力検出部とを用いて質量流量  
10 検定動作を行うように制御するズレ測定制御部を備えるように構成したことを特徴とする質量流量制御装置。

8. 前記ズレ測定制御部は、前記検定結果に基づいて前記流量検出部を校正することを特徴とする請求項7記載の質量流量制御装置。

15

9. 前記流路には、零点測定の時に該流路の出口側を開閉する第2の開閉弁が介設されていることを特徴とする請求項7記載の質量流量制御装置。

10. 前記第1の開閉弁と前記貯留部と前記圧力検出部は、前記流量検  
20 出部及び前記流量制御弁機構よりも上流側に設けられることを特徴とする請求項7記載の質量流量制御装置。

11. 前記第1の開閉弁と前記貯留部と前記圧力検出部は、前記流量検  
25 出部及び前記流量制御弁機構よりも下流側に設けられることを特徴とする請求項7記載の質量流量制御装置。

12. 流体供給源よりも圧力が低い流体供給対象に流体を供給する流路

において流体の流量を制御する流量制御装置の調整方法であって、

前記流量制御装置は、前記流路を流れる流体の流量を制御するための流量制御弁機構を備える流量制御部を備え、

前記調整方法は、

- 5 (a) 前記流量制御弁機構の開度を固定する工程と、
- (b) 第 1 の開閉弁で前記流路を閉じる工程と、
- (c) 前記工程 (a) および (b) の後で、前記第 1 の開閉弁に対して前記流量制御弁機構と同じ側の第 1 の所定の位置における前記流体の圧力変化を測定する工程と、
- 10 (d) 前記測定した圧力変化に基づいて、前記流量制御部が制御する前記流量の基準値からのずれを計算する工程と、
- (e) 前記基準値からのずれに基づいて前記流量制御部を調整する工程と、を含む流量制御装置の調整方法。

- 15 13. 請求項 12 記載の方法であって、

前記流量制御部は、さらに、前記第 1 の開閉弁に対して前記流量制御弁機構と同じ側において前記流路を流れる流体の流量を測定できる流量検出部を備え、目標とする目標流量と前記流量検出部で測定した流量とに基づいて前記流量制御弁機構の開度を調節して、前記流路を流れる流体の流量を制御することができ、

前記工程 (e) は、

前記基準値からのずれに基づいて、前記流量検出部による流量を表す出力値を調整する工程を含む、方法。

- 25 14. 請求項 13 記載の方法であって、さらに、

(f) 前記第 1 の開閉弁で前記流路を閉じ、かつ、前記流量検出部に対して前記第 1 の開閉弁とは逆の側において第 2 の開閉弁で前記流路を閉じる工程と、

(g) 前記第 1 および第 2 の開閉弁で前記流路を閉じた状態において前記流量検出部による流量を表す出力値を読み取る工程と、

(h) 前記流量検出部による流量ゼロを表す出力値を調整する工程と、を含む方法。

5

15. 請求項 12 記載の方法であって、  
前記工程 (d) は、

前記第 1 の開閉弁で前記流路を閉じた時刻を含む所定の時間区間内に含まれる第 1 の時刻における、前記第 1 の所定の位置の前記流体の圧力である初期圧力  $P_0$  と、

前記所定の時間区間内に含まれる第 2 の時刻における、前記第 1 の開閉弁に対して前記第 1 の所定の位置と同じ側にある第 2 の所定の位置の前記流体の絶対温度  $T_1$  と、

15 前記第 1 の開閉弁で前記流路を閉じた後、前記第 1 の所定の位置における前記流体の前記圧力が所定の第 1 の基準圧力に達してから前記第 1 の基準圧力  $P_1$  とは異なる所定の第 2 の基準圧力  $P_2$  に達するまでの時間  $\Delta t$  と、  
に基づいて前記基準値からのずれを計算する工程を含む、方法。

16. 請求項 15 記載の方法であって、  
20 前記工程 (d) は、

$P_0 / (T_1 \times \Delta t)$  と、前記基準値と関連する所定の定数と、の比に基づいて、前記基準値からのずれを計算する工程を含む、方法。

17. 質量流量制御装置の検定方法であって、  
25 前記質量流量制御装置は、

流体を流す流路に、該流路に流れる流体の質量流量を検出して流量信号を出力する流量検出部と、バルブ駆動信号により弁開度を変えることによって

質量流量を制御する流量制御弁機構とを有し、外部から入力される流量設定信号と前記流量信号とに基づいて前記流量制御弁機構を制御する流量制御部と、

- 前記流路に、該流路を開閉する第 1 の開閉弁と、所定の容量を有する貯留部と、前記流体の圧力を検出して圧力検出信号を出力する圧力検出部とを有し、前記検定用バルブと前記貯留部と前記圧力検出部とを用いて質量流量検定動作を行うように制御するズレ測定制御部と、を備え、

前記検定方法は、

検定流量を設定する工程と、

流路に検定用の流体を安定的に流す工程と、

- 10 前記流れる流体の圧力と貯留部の温度とを検出してそれぞれ初期圧力と初期温度とする工程と、

第 1 の開閉弁を閉じて流路を遮断する工程と、

前記第 1 の開閉弁を閉じた後に前記貯留部から流出する流体の圧力変化を測定する工程と、

- 15 前記測定された圧力変化と予め求められた基準圧力変化特性とに基づいて検定結果を求める工程と、

を有することを特徴とする質量流量制御装置の検定方法。

18. 前記検定結果に基づいて流量検出部を自動的に校正することを特徴とする請求項 17 記載の質量流量制御装置の検定方法。

19. 前記検定流量を種々変更することを特徴とする請求項 17 記載の質量流量制御装置の検定方法。

25

20. 前記検定流量を設定する工程の前に、前記流路に流れる流体の流れを遮断して零点測定を行なう零点測定工程を行なうことを特徴とする請求項

17 記載の質量流量制御装置の検定方法。

図 1

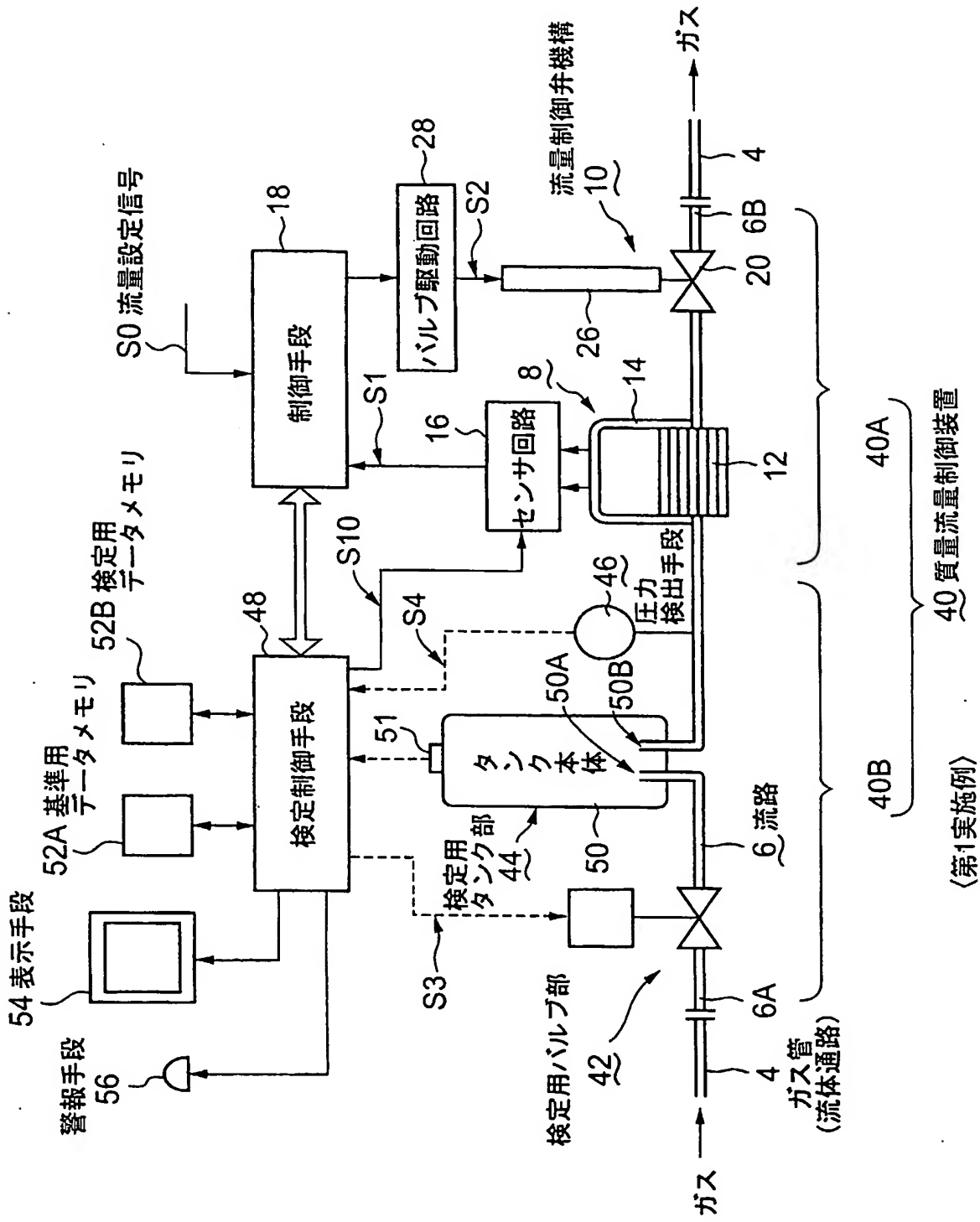
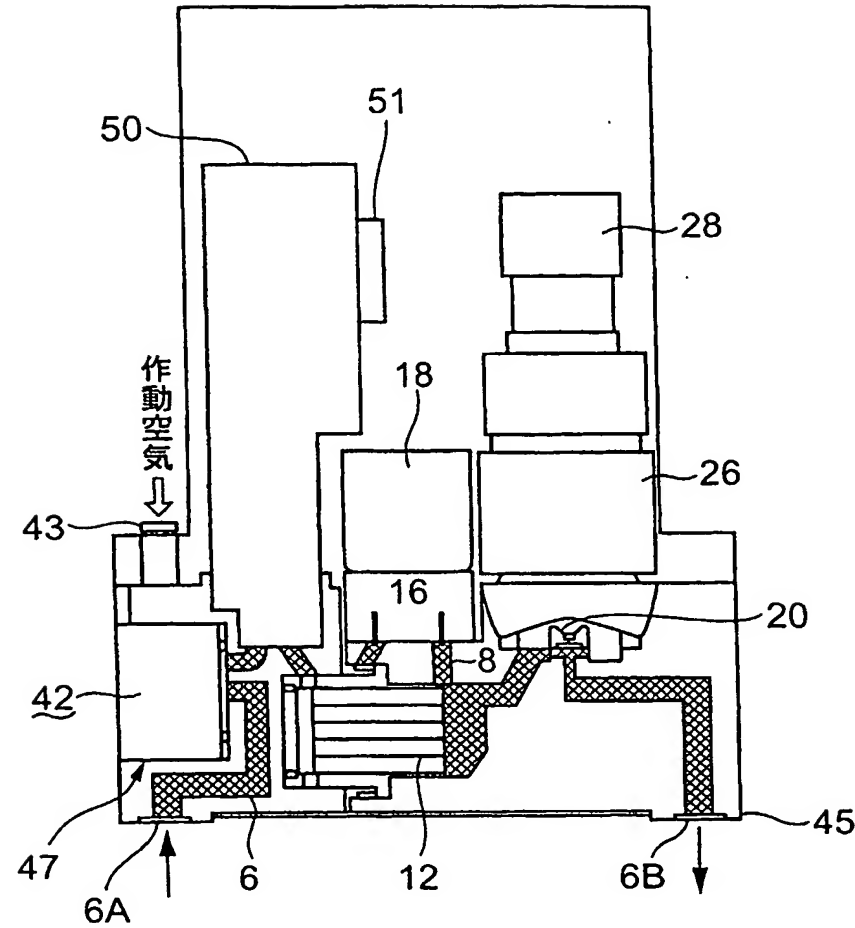


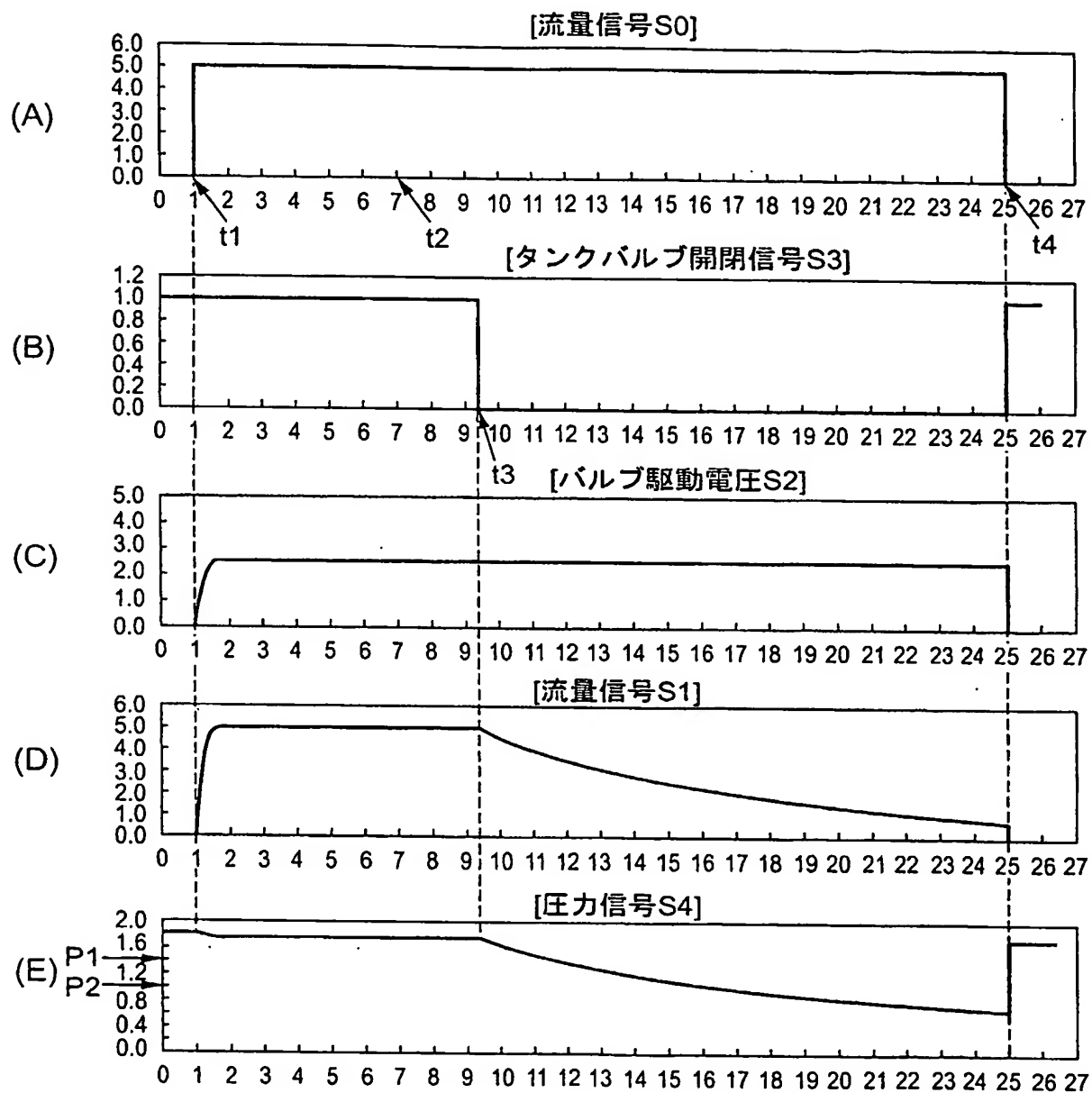
図 2





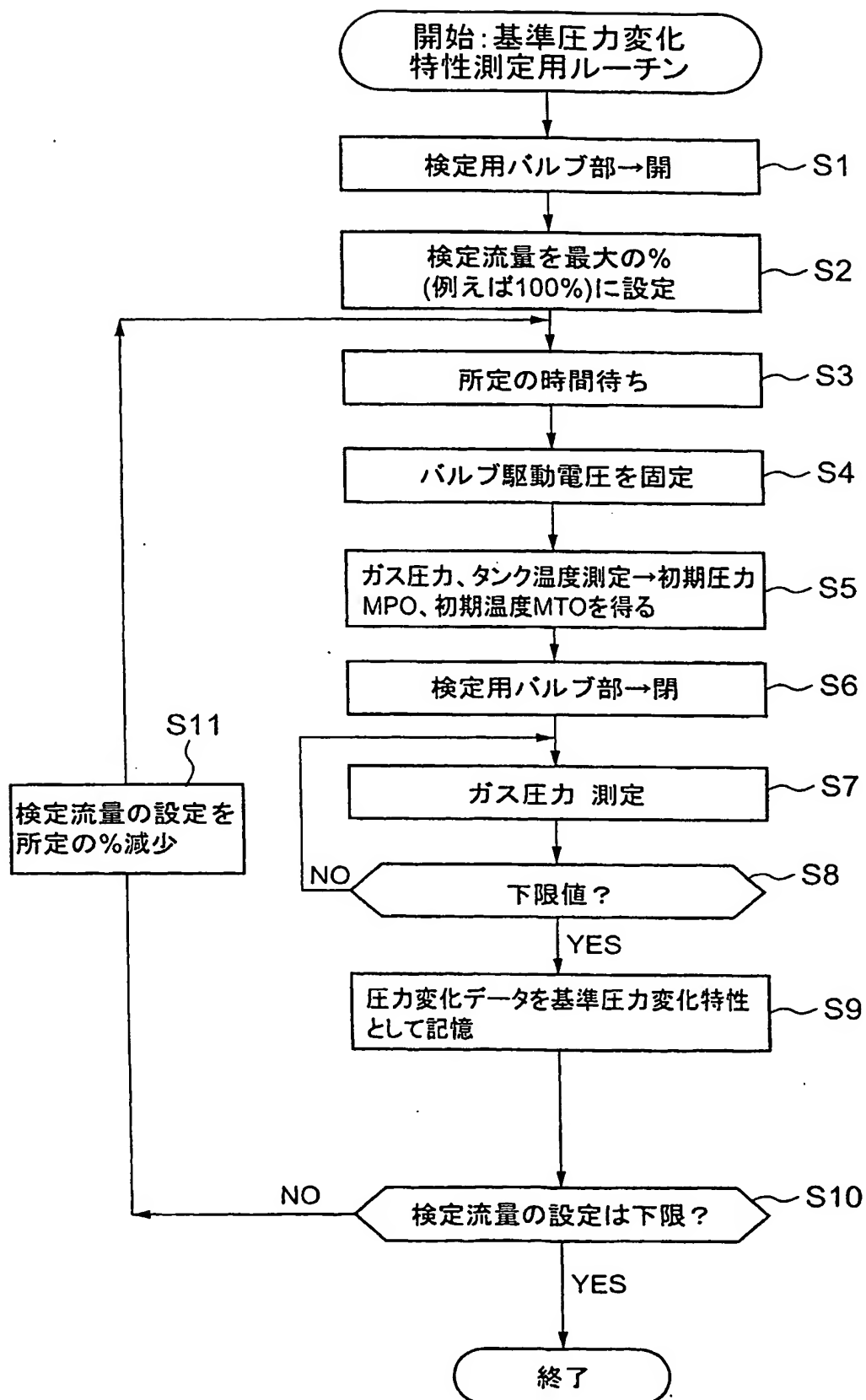
3/16

図 3



4/16

図 4



5/16

図 5

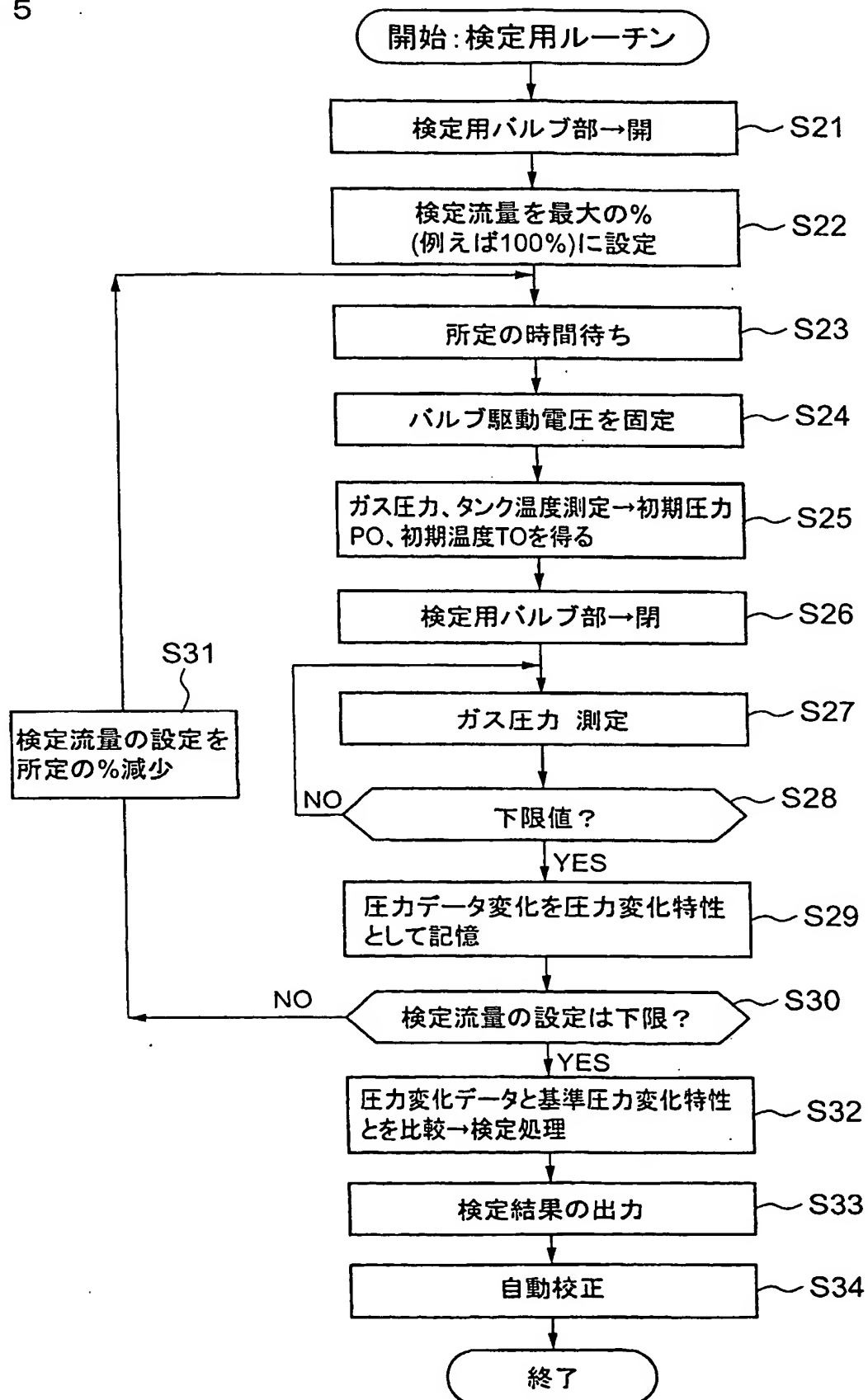
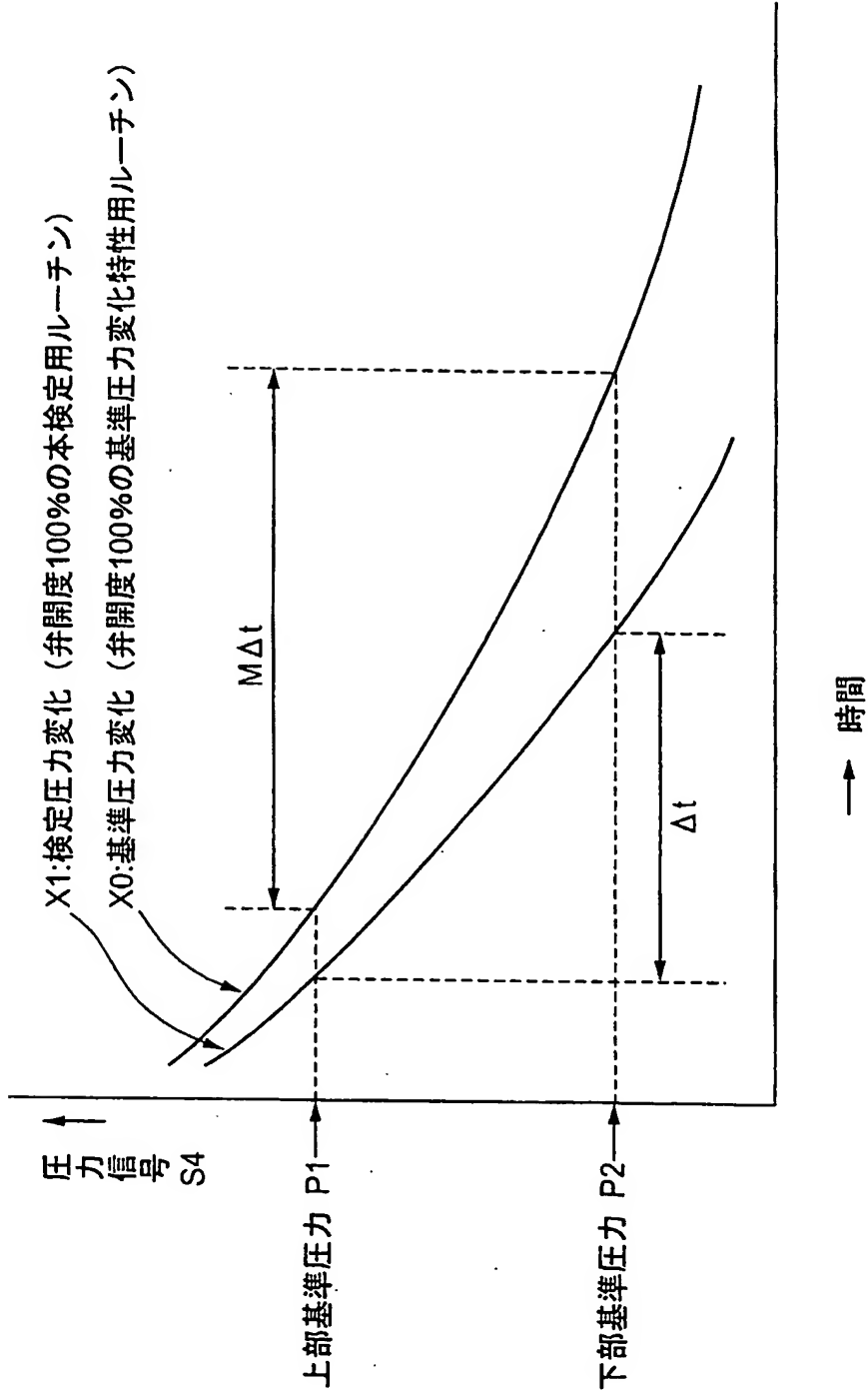


図 6



7/16

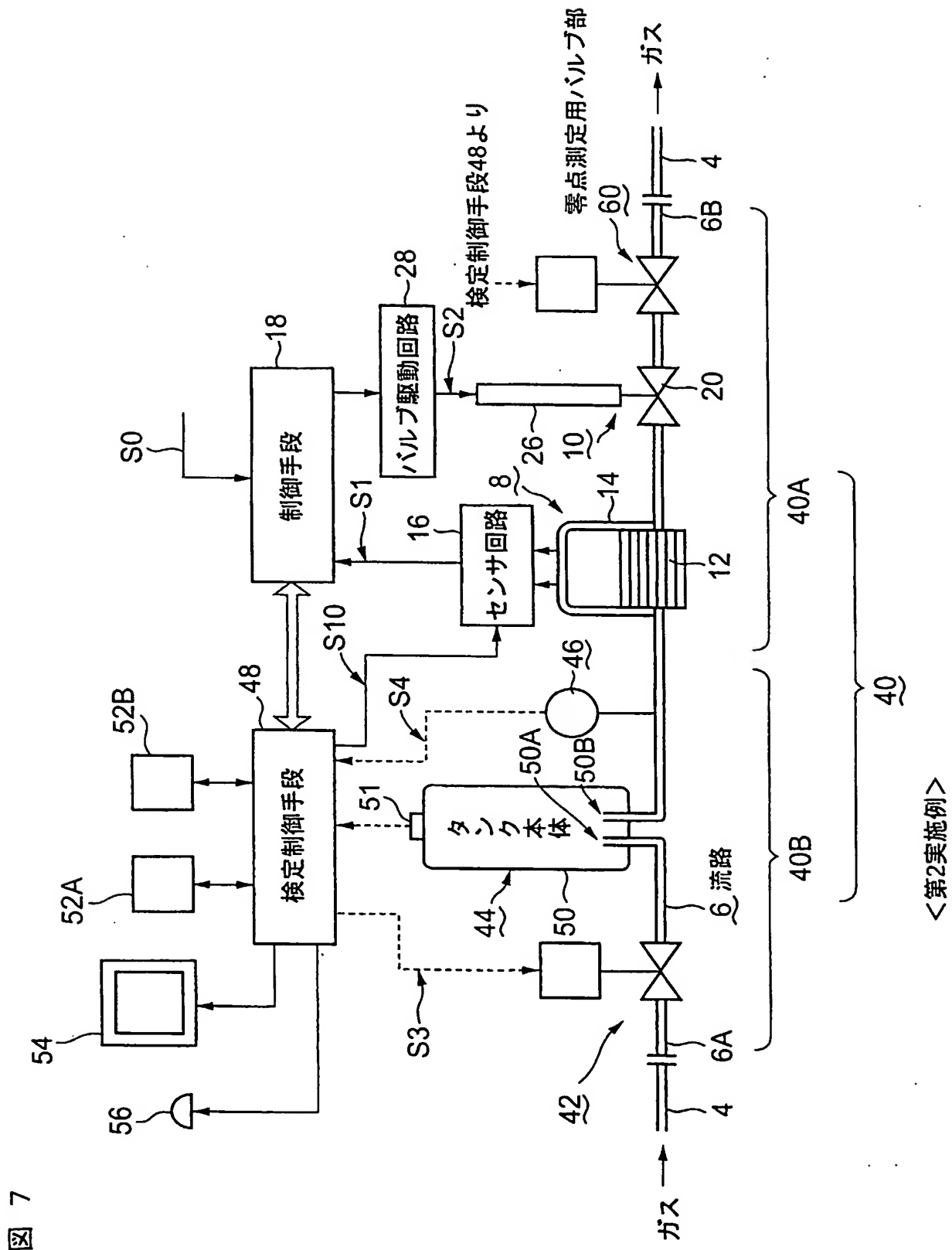
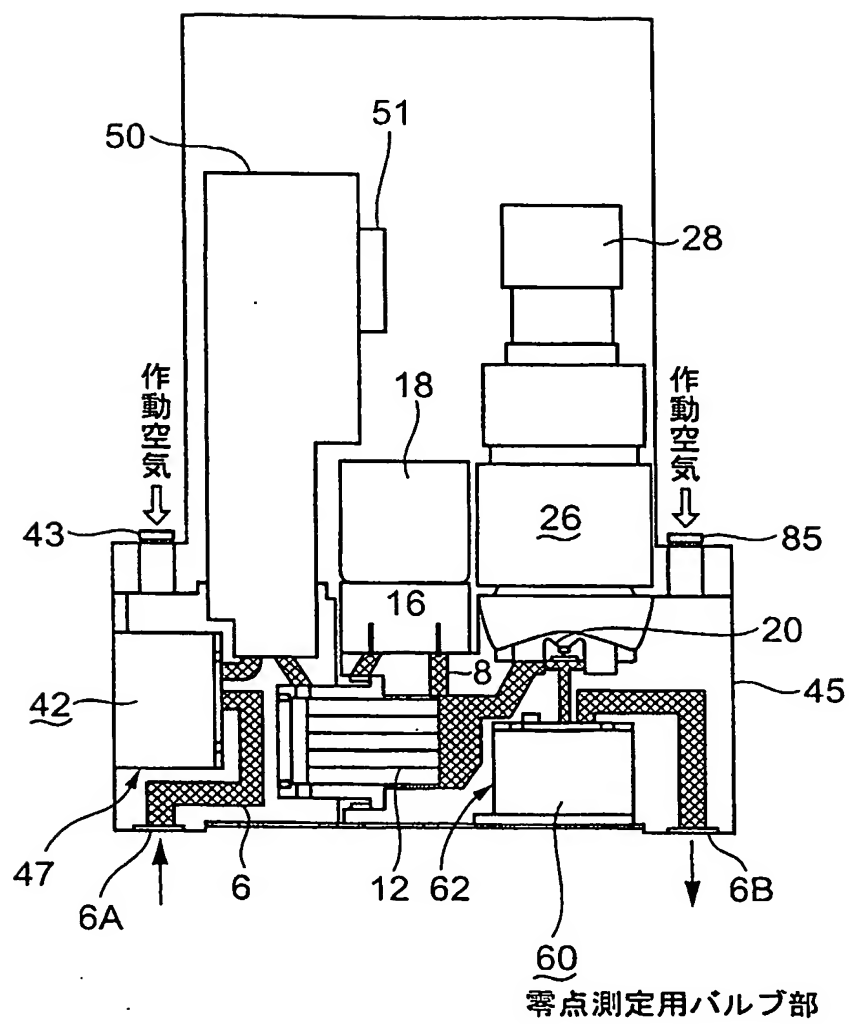


图 8



9/16

図 9

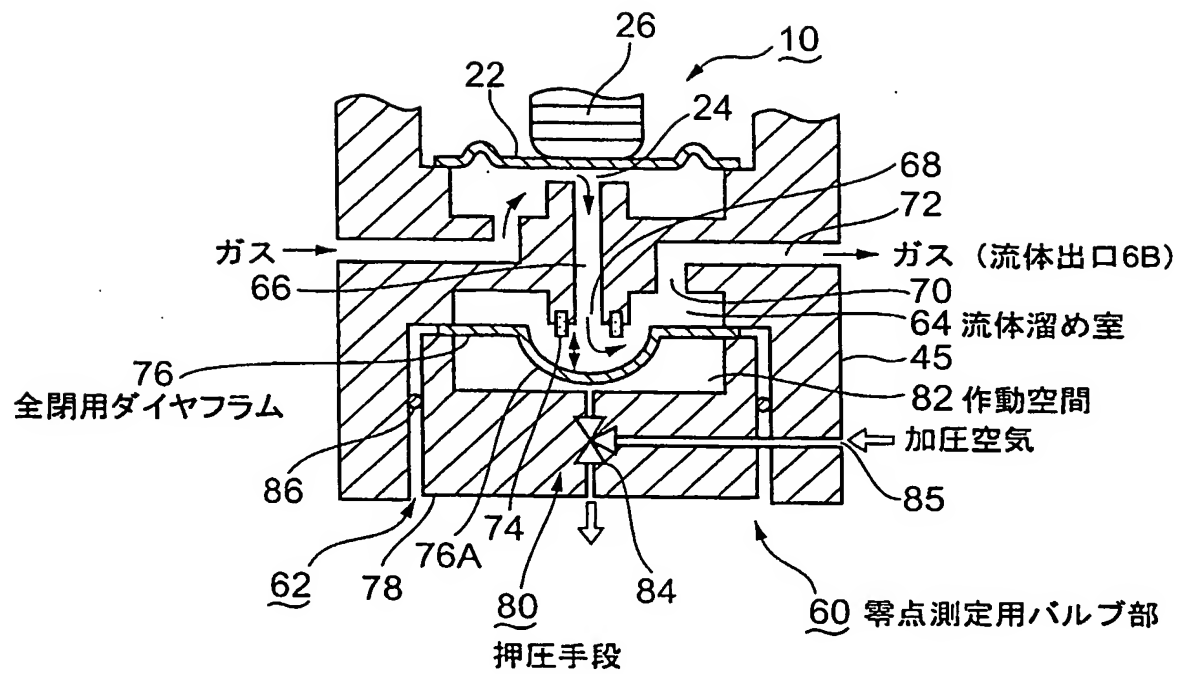
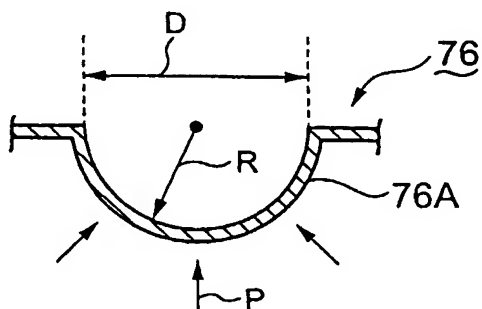
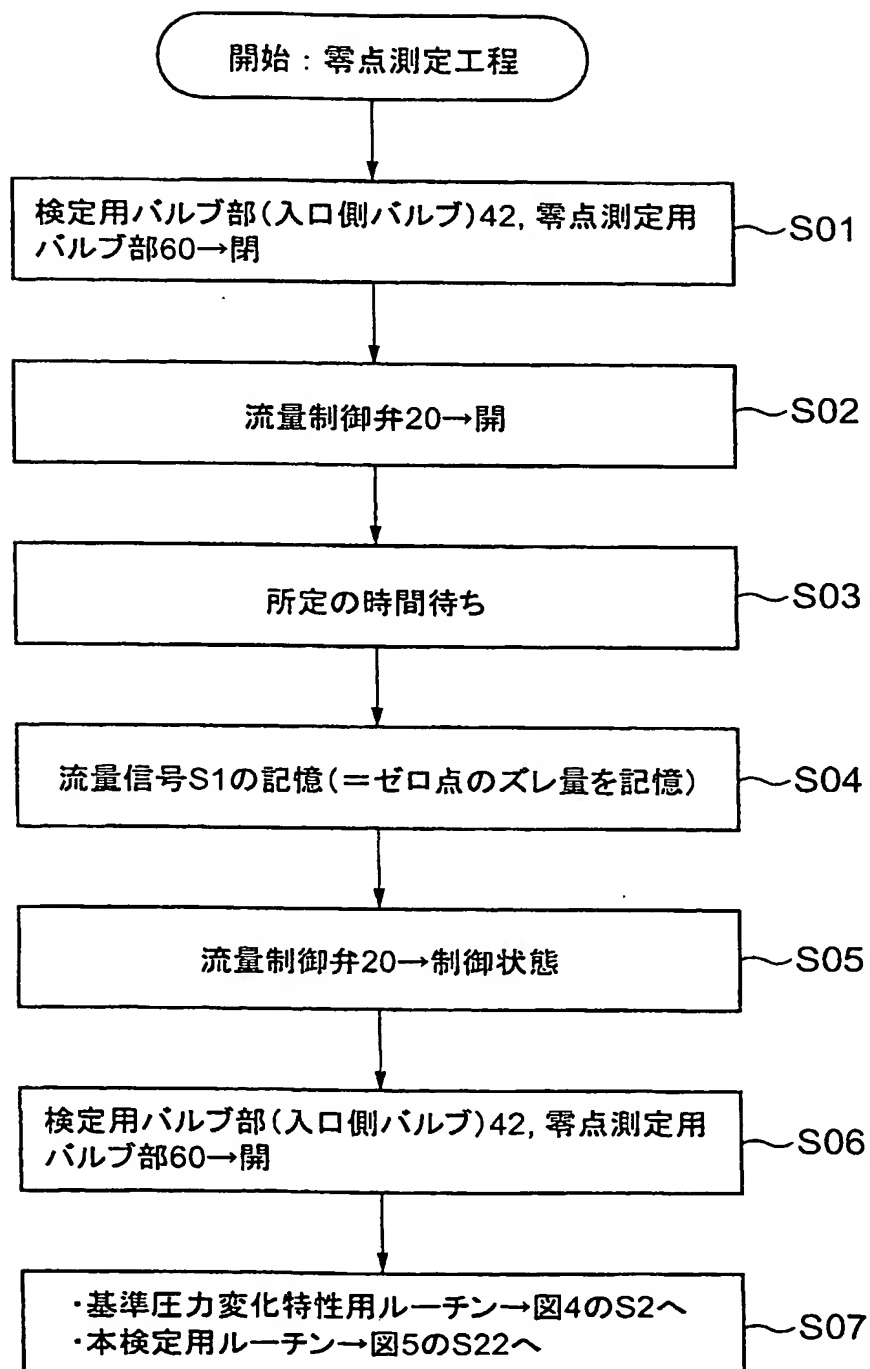


図 10



10/16

図 11





11/16

図 12

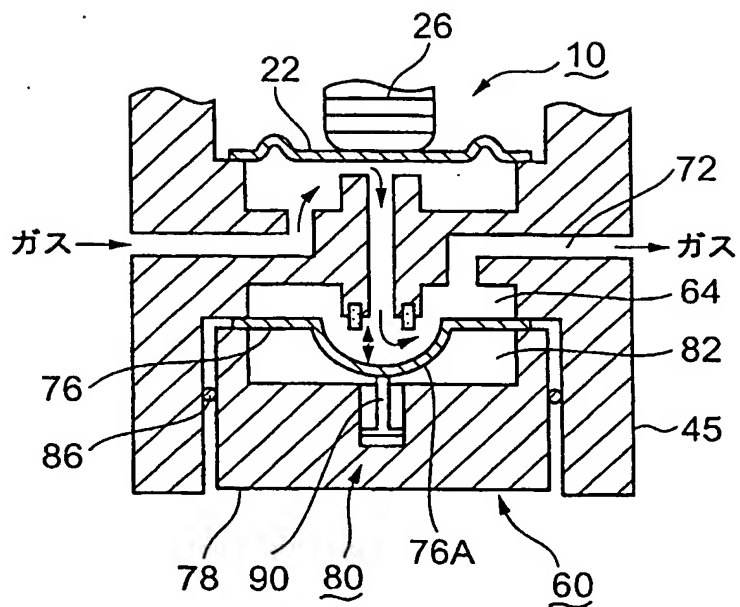
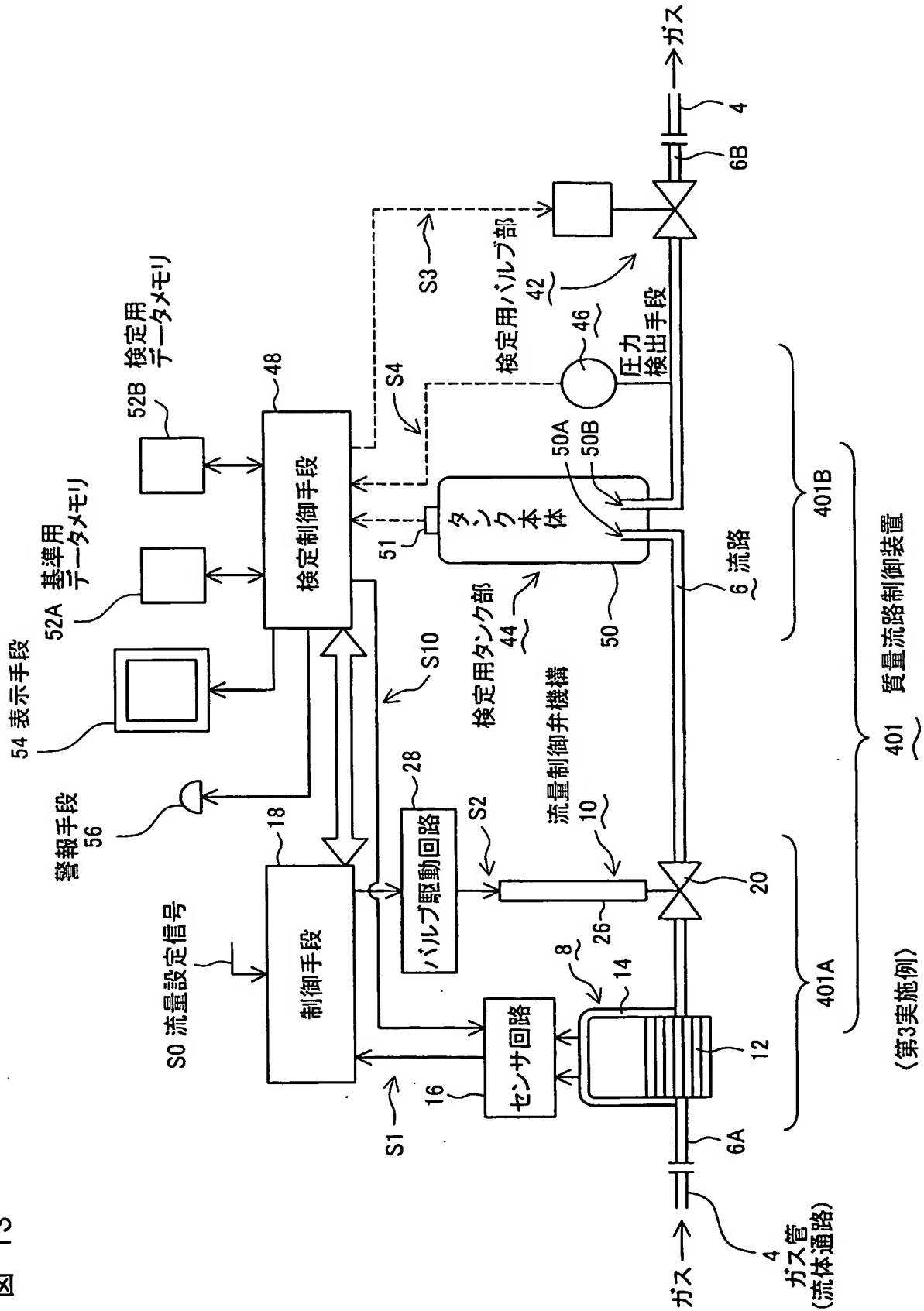
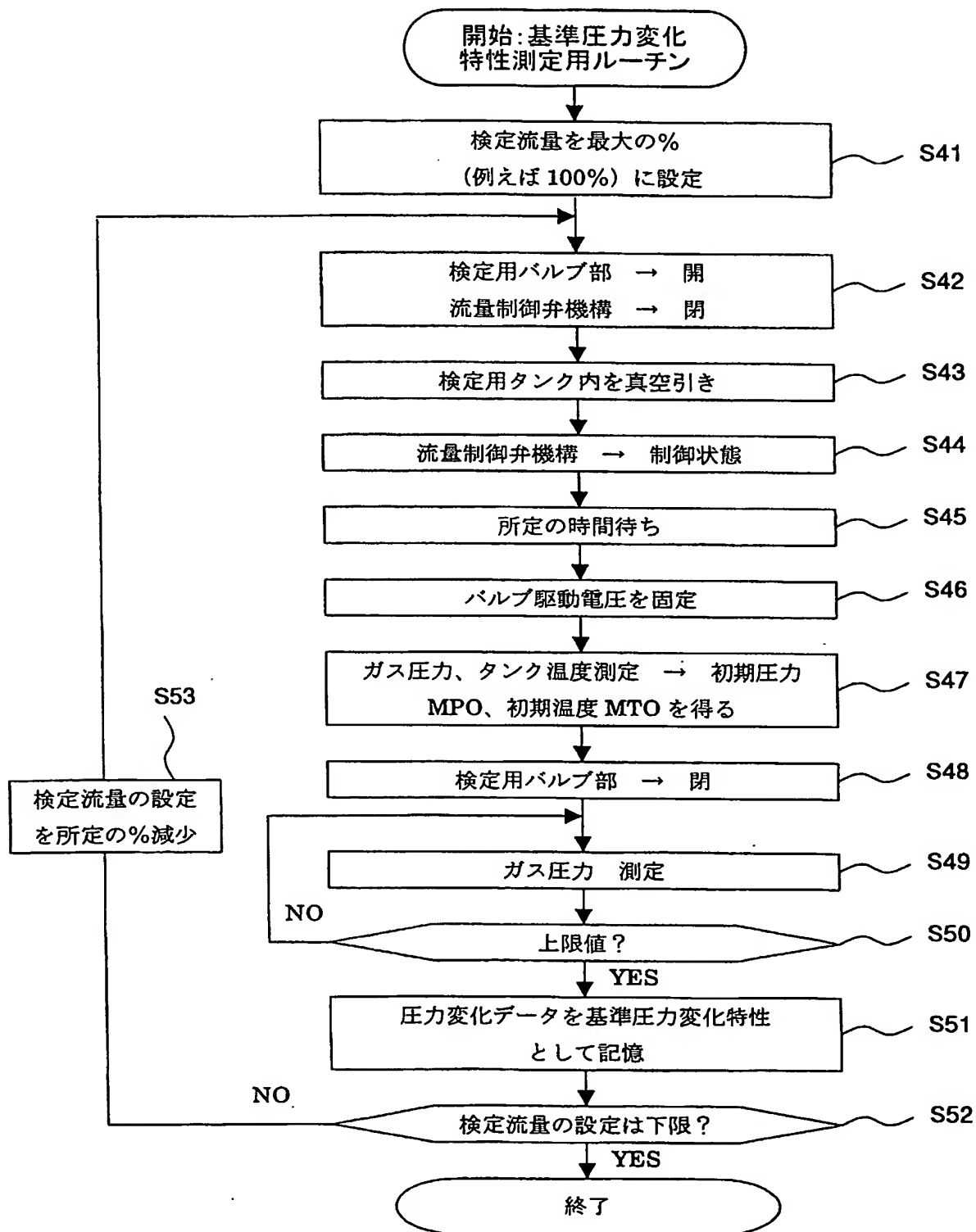


図 13



13/16

図 14



14/16

図 15

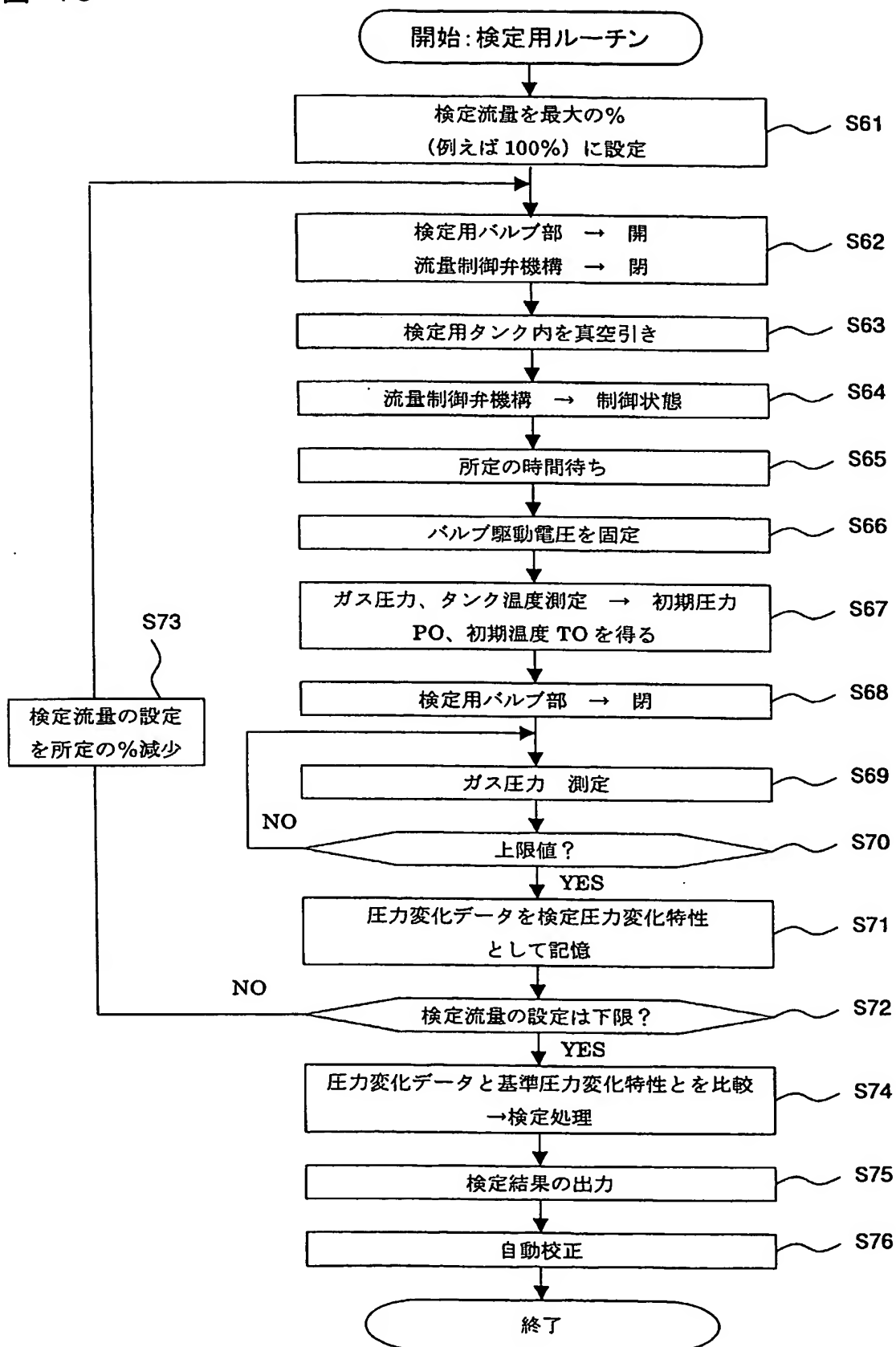
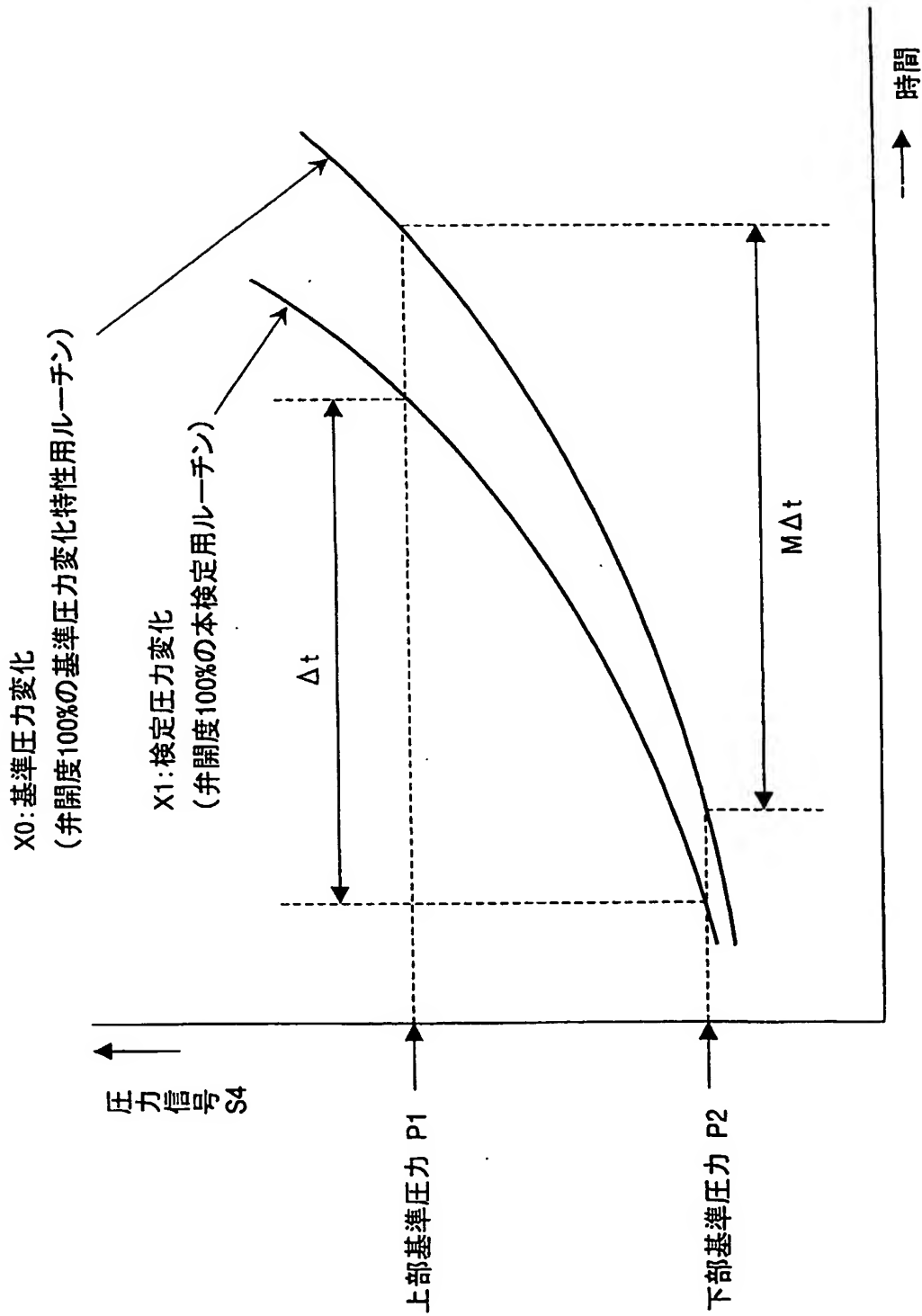


図 16



16/16

図 17

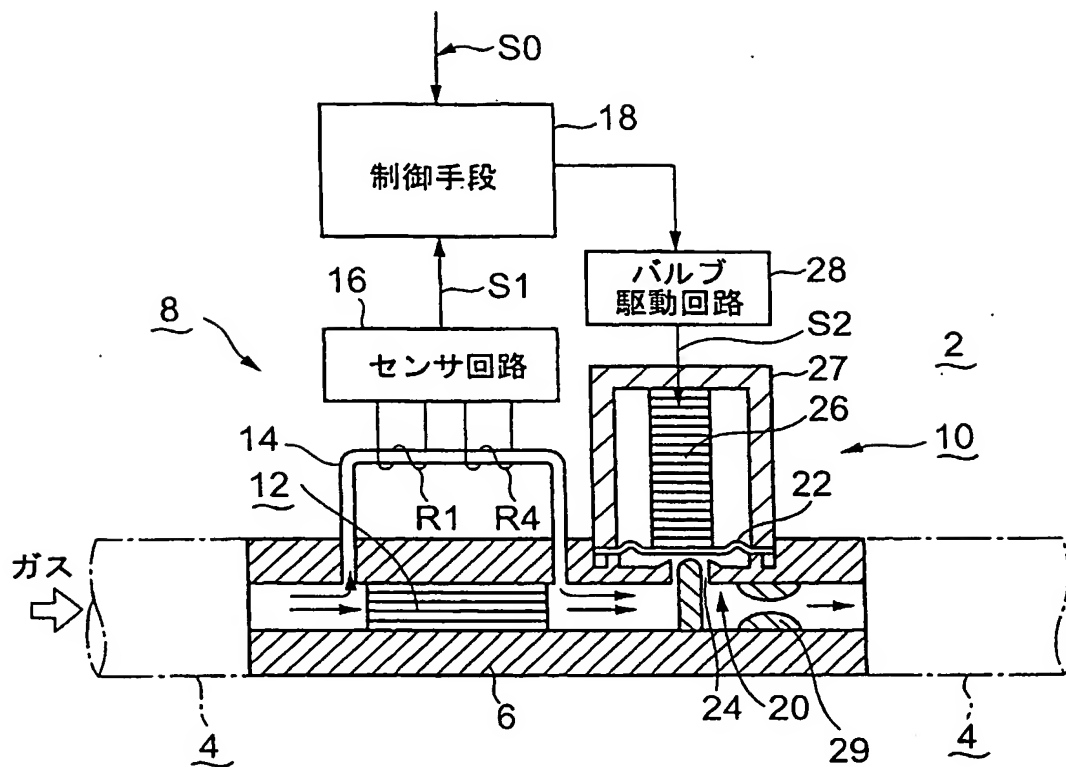
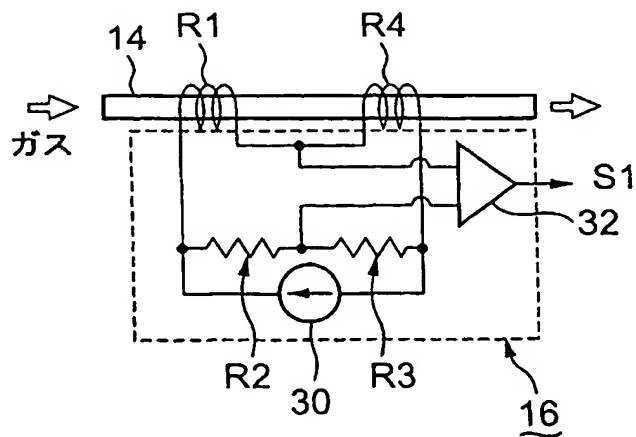


図 18



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/011684

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G05D16/00, G01F25/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G05D16/00, G01F25/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 11-87318 A (NEC Kyushu Co., Ltd.), 30 March, 1999 (30.03.99), Par. Nos. [0006] to [0007] (Family: none)	1-2, 12-13 3-11, 14-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
09 September, 2005 (09.09.05)Date of mailing of the international search report  
27 September, 2005 (27.09.05)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> G05D16/00, G01F25/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> G05D16/00, G01F25/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X  A	JP 11-87318 A (九州日本電気株式会社) 1999.03.30, 段落【0006】-【0007】 (ファミリーなし)	1-2, 12-13 3-11, 14-20

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.09.2005

国際調査報告の発送日

27.9.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

西村 泰英

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

3U

9063